

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2002-511529

(P2002-511529A)

(43) 公表日 平成14年4月16日 (2002.4.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
C 2 3 C 16/448		C 2 3 C 16/448	4 K 0 3 0
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	5 F 0 3 1
21/68		21/68	A 5 F 0 4 5

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 108 頁)

(21) 出願番号 特願2000-543659 (P2000-543659)
 (86) (22) 出願日 平成11年4月14日 (1999.4.14)
 (85) 翻訳文提出日 平成12年10月13日 (2000.10.13)
 (86) 国際出願番号 P C T / U S 9 9 / 0 8 1 5 3
 (87) 国際公開番号 W O 9 9 / 5 3 1 1 7
 (87) 国際公開日 平成11年10月21日 (1999.10.21)
 (31) 優先権主張番号 0 9 / 0 6 0 , 0 0 7
 (32) 優先日 平成10年4月14日 (1998.4.14)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 シーブイデイ・システムズ・インコーポレ
 ーテッド
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州01862ノ
 ースビレリカ・エスクワイアロード25
 (72) 発明者 ロアン, ジェイムズ・エフ
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州02048マ
 ンスフィールド・ロングウッドサークル3
 (72) 発明者 サラーノ, ジャック・ピー
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州02468ウ
 オバン・ラーチモントアベニュー15
 (74) 代理人 弁理士 小田島 平吉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜蒸着システム

(57) 【要約】

化学蒸着用の装置は、蒸発室内に置かれた蒸発器に前駆物質を分配する分配器を備える。輸送導管が蒸発室とプロセス室とを連結する。輸送導管を通る前駆物質の流量を測定するために、流量計が輸送導管内に置かれる。測定された流量にตอบสนองして前駆物質の流量を制御するために、流量制御器が同様に輸送導管内に置かれる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 蒸発器を有する蒸発室、
蒸発室と連通しているプロセス室、及び
蒸発器から、プロセス室内の加熱された基板であって表面に薄膜が形成するように反応面を有する前記加熱された基板への蒸気の流れを調節する流量制御器を備えた化学処理装置。

【請求項2】 蒸発器に前駆物質を分配するために置かれた分配器、
蒸発室とプロセス室とを連結している輸送導管、
輸送導管を通る蒸気流量を測定する流量計、及び
流量計及び流量制御器と通信するように組み合わせられ、かつ輸送導管を通る蒸気流量を計測された蒸気流量に反応して管理するように流量制御器を制御するようにプログラムされているプロセッサを更に備える請求項1の装置。

【請求項3】 流量計が少なくとも1個の圧力センサーを有する請求項2の装置。

【請求項4】 流量計が層流部材を有する請求項2の装置。

【請求項5】 層流部材が1対の開口端部を有する管である請求項4の装置。

【請求項6】 流量計が1対の圧力センサーを有し、各圧力センサーがそれぞれ層流部材の開口端部と揃えられる請求項2の装置。

【請求項7】 圧力センサーが容量形圧力計である請求項2の装置。

【請求項8】 流量制御器が、流量計と通信するように組み合わせられている比例制御弁である請求項1の装置。

【請求項9】 分配器に前駆物質を供給するための貯蔵器を備え、蒸発器は前駆物質が貯蔵器から分配されたときにこれを蒸発させるために加熱された面を有する請求項1の装置。

【請求項10】 分配器がプロセッサにより制御される請求項2の装置。

【請求項11】 プロセス室内に置かれた少なくとも1個の圧力センサーであって、プロセッサと通信するように組み合わせられている圧力センサーを更に

蒸発室、

蒸発室内に置かれた蒸発器、

蒸発室とプロセス室とを結んでいる輸送導管、

蒸発器からプロセス室内へのガス流量を測定するように置かれた流量計、及び
流量計と通信するように結合され、蒸発器からの測定されたガス流量の関数として制御するようにプログラムされているプロセッサを備えるクラスターツール。

【請求項22】 蒸発室内に置かれた蒸発器を有する蒸発室、蒸発室とプロセス室とを連結している輸送導管、蒸発器からプロセス室内へのガス流量を測定するように置かれた流量計、及び蒸発器からのガス流量を制御するように置かれた流量制御器を有しプロセス室における化学蒸着を制御するシステムであって、
プロセスモジュール制御器、

プロセスモジュール制御器により指令されたようにシステム構成要素の温度を維持する複数の温度制御モジュール、

プロセスモジュール制御器により指令されたように蒸気圧力を監視する複数の圧力制御モジュール、

プロセスモジュール制御器により指令されたように蒸気流量を制御する複数の流量制御モジュール、

プロセスモジュール制御器により指令されたようにプロセス室内のエレベーターを制御するエレベーター制御モジュール

を備えるシステム。

【請求項23】 プロセスモジュール制御器が、ウエハー処理のためにプロセス室を準備しかつ処理のために少なくとも1個のウエハーを受け入れるように準備し、プロセス室にウエハーを受け入れ、ウエハー処理を実行し、プロセス室からウエハーを取り出せるように弁を開き、そしてウエハーの取出し後に清掃作用を行う制御プログラムを実行する請求項22のシステム。

【請求項24】 プロセスモジュール制御器において仕事を実行している蒸発器サブプロセスを更に備え、この蒸発器サブプロセスが、圧力制御モジュールを横切る圧力低下を検出しそして蒸発室内の圧力を上昇させるように蒸発器にフ

ィードバックを提供する請求項23のシステム。

【請求項12】 輸送導管がプロセス室内に置かれた出口を有し、
装置が、

プロセス室内に置かれた基板チャック、

プロセス室を、出口のある上流部分と基板チャックのある下流部分とに分割しているシャワーヘッド、

上流部分内の蒸気圧力を測定するように置かれた上流圧力センサー、及び

下流部分内の蒸気圧力を測定するように置かれた下流圧力センサー

を備える請求項2の装置。

【請求項13】 室が室ハウジング及びこの室ハウジング内のプロセス用容積を有し、基板の温度が室ハウジングの内面の温度より高い請求項1の装置。

【請求項14】 上流圧力センサーと下流圧力センサーとが両者ともプロセッサと通信するように組み合わせられる請求項12の装置。

【請求項15】 シャワーヘッドが能動的である請求項12の装置。

【請求項16】 蒸発室内に置かれ、プロセッサと通信するように組み合わせられている少なくとも1個の圧力センサーを更に備える請求項10の装置。

【請求項17】 輸送導管と熱的に接触しているヒーターを更に備える請求項1の装置。

【請求項18】 プロセス室内に置かれた基板チャックが直流電源又は交流電源に接続される請求項1の装置。

【請求項19】 プロセス室内に置かれた基板チャック及びエレベーターを更に備え、エレベーターがプロセッサにより制御され、そして基板チャックはエレベーターにより昇降させ得る請求項1の装置。

【請求項20】 プロセッサが圧力センサーに接続され、かつ測定された蒸気圧力の開数、及び蒸発器により作られる蒸気の流量を制御するようにプログラムされた請求項1の装置。

【請求項21】 半導体処理用のクラスターツールであって、

中央ウエハーハンドラー、

中央ウエハーハンドラーに連結されたプロセス室、

ィードバックを提供する請求項23のシステム。

【請求項25】 プロセスモジュール制御器において仕事を実行している蒸気相の流量制御サブプロセスを更に備え、この蒸気相の流量制御サブプロセスは、少なくとも2個の圧力制御モジュール間の圧力差を監視し、監視された圧力がプロセス室を作動させるに十分であるかを判定し、そして監視された圧力が低すぎるならば流量制御を増加させるように少なくとも1個の流量制御モジュールに信号し、また監視された圧力が高すぎるならば流量制御を減少させるように少なくとも1個の流量制御モジュールに信号する請求項23のシステム。

【請求項26】 蒸気相の流量制御サブプロセスが、プロセス室内への蒸気流量を維持するように反応物質ガス流量を更に設定する請求項25のシステム。

【請求項27】 プロセスモジュール制御器において仕事を実行しているプロセス室圧力制御サブプロセスを更に備え、このプロセス室圧力制御サブプロセスがプロセス室内の圧力を測定し、そしてプロセス圧力を設定圧力に維持するように絞りに指示する請求項23のシステム。

【請求項28】 ウエハーソースからウエハーを受け入れる第1の輸送モジュール、

第1の輸送モジュールからウエハーを受け取り、受け取ったウエハーを処理し、そして処理が完了したときにウエハーを第1の輸送モジュールに戻すように各が組み合わせられた複数の第1の処理システムを備えたクラスターツール装置。

【請求項29】 第1の輸送モジュールからウエハーを受け入れる第2の輸送モジュール、

第2の輸送モジュールからウエハーを受け取り、受け取ったウエハーを処理し、そして処理が完了したときにウエハーを第2の輸送モジュールに戻すように各が組み合わせられた複数の第2の処理システムを更に備えたクラスターツール装置。

【請求項30】 複数の第1の処理システム及び第1の輸送モジュールが第1のクラスターツール制御器により制御される請求項28のクラスターツール装置。

【請求項31】 複数の第1の処理システム及び第1の輸送モジュールが第1のクラスターツール制御器により制御され、更に複数の第2の処理システム及び第2の輸送モジュールが第2のクラスターツール制御器により制御され、そして第1及び第2のクラスターツール制御器が工場自動制御器により制御される請求項29のクラスターツール装置。

【請求項32】 半導体基板上に薄膜を蒸着する方法であって、
前駆物質の蒸気圧力を測定し、
測定された蒸気圧力に反応して前駆物質が蒸発される速度を制御し、
蒸発した前駆物質をプロセス室内に輸送し、そして
半導体基板の表面に反応生成物を作るために蒸発した前駆物質を反応させる
諸段階よりなる方法。

【請求項33】 前駆物質が、測定された圧力の関数として設定された速度で貯蔵器から蒸発器に分配される請求項32の方法。

【請求項34】 蒸発室とプロセス室との間の蒸気流量が、層流部材の両端に置かれた1対の容量形圧力計により測定される請求項33の方法。

【請求項35】 プロセス室内の蒸気圧力を測定する段階を更に含む請求項32の方法。

【請求項36】 プロセス室内の蒸気圧力がシャワーヘッドの両側において測定される請求項32の方法。

【請求項37】 通路に置かれた弁の開度を調整することによりシャワーヘッドの通路を通る蒸気流量を制御する段階を更に含む請求項36の方法。

【請求項38】 前駆物質の蒸気圧力が蒸発室において測定される請求項33の方法。

【請求項39】 蒸発器により作られた蒸気が実質的に希釈されないでプロセス室に通過する請求項33の方法。

【請求項40】 半導体基板の表面に集積回路を組み立てることを更に含む請求項32の方法。

【請求項41】 輸送導管の内径が12mmと40mmとの間である請求項1の装置。

【請求項55】 CVDモジュールが約0.6mより大きくない幅を有する請求項54の装置。

【請求項56】 CVDモジュールが約1.8mより大きくない高さを有する請求項54の装置。

【請求項57】 蒸発室及びプロセス室が互いに25cm内にある請求項51の装置。

【請求項58】 CVDモジュールが半導体処理用のクラスターツールの部分である請求項51の装置。

【請求項59】 基板に薄膜を形成する方法であって、
前駆物質を蒸発させ、
プロセス室への蒸発前駆物質の流量を調整し、
プロセス室内で基板を加熱し、そして
基板の表面に材料の薄膜を形成するために基板の表面において前駆物質を反応させる
諸段階を含む方法。

【請求項60】 基板の表面における反応速度により限定される蒸着速度で、基板の表面に前駆物質を蒸着させることにより基板の表面と一致した被覆を提供する段階を更に含む請求項59の方法。

【請求項61】 プロセス室を通る蒸気流量を調整するために基板チャックを昇降させる段階を更に含む請求項59の方法。

【請求項62】 基板に層を形成するために測定されたガス流量に応じて蒸発室とプロセス室との間のガス流量を制御すること
を更に含む請求項59の方法。

【請求項63】 蒸発した前駆物質を反応させ、そしてプロセス室内の基板に前駆物質又は前駆物質のある成分を蒸着させる諸段階を更に含む請求項59の方法。

【請求項64】 貯蔵器から蒸発器上への前駆物質の分配を更に含む請求項63の方法。

【請求項65】 層流部材の両端に置かれた1対の容量形圧力計間のガス流

【請求項42】 輸送導管の内径が約25mmである請求項1の装置。

【請求項43】 プロセス室と連通している動的な可変吸引速度の真空ポンプを更に備える請求項1の装置。

【請求項44】 プロセス室内のシャワーヘッド、
プロセス室内の基板チャック、及び
シャワーヘッドに取り付けられ、そして基板チャックの直径の120%より大きくない流量ジョイントにより定められた直径を有する限定されたプロセス容積を、シャワーヘッド及び基板チャックと整合して定めている流量シールド
を更に備える請求項1の装置。

【請求項45】 限定されたプロセス容積の直径が基板の直径の110%より大きくない請求項44の装置。

【請求項46】 シャワーヘッドが限定されたプロセス容積より大きくない直径を有する請求項44の装置。

【請求項47】 基板チャックの側を回って取り付けられた交換可能なゲッター用リングを更に備える請求項44の装置。

【請求項48】 限定されたプロセス容積内で基板チャックを昇降させるためのエレベーターを更に備える請求項44の装置。

【請求項49】 エレベーターが基板チャックをプロセス室外に持ち上げ得る請求項48の装置。

【請求項50】 エレベーターの高さを測定するために線形変換器を更に備える請求項48の装置。

【請求項51】 蒸発室、プロセス室、及び輸送導管が全て1個の蒸発モジュール内に含まれる請求項1の装置。

【請求項52】 蒸発モジュールが、プロセス室と組み合わせられた真空ポンプ及びスクラッパーを更に有する請求項51の装置。

【請求項53】 蒸着モジュールがプロセッサを更に有する請求項52の装置。

【請求項54】 蒸着モジュールが約1.2mより大きくない長さを有する請求項53の装置。

量を測定することにより蒸発室とプロセス室との間のガス流量を測定することを更に含む請求項64の方法。

【請求項66】 プロセス室内の圧力を測定する段階を更に含む請求項64の方法。

【請求項67】 シャワーヘッドの両側におけるプロセス室内の圧力を測定することを更に含む請求項64の方法。

【請求項68】 通路に置かれた弁の開度を調整することによりシャワーヘッドの通路を通るガス流量を制御する段階を更に含む請求項67の方法。

【請求項69】 蒸発室内の圧力を測定すること及び分配段階が蒸発室内の測定された圧力の関数として制御されるように蒸発器に前駆物質を分配することを更に含む請求項64の方法。

【請求項70】 輸送導管を加熱することを更に含む請求項64の方法。

【請求項71】 プロセス室に置かれた基板チャックに電磁場を作ること
を更に含む請求項64の方法。

【請求項72】 蒸発器により作られた蒸気が実質的に希釈されないでプロセス室に通過する請求項64の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【関連出願】

本願は、1998年4月14日付け米国出願09/060007号の一部継続出願であり、その全文は参考文献としてここに組み入れられる。

【0002】

【発明の背景】

化学蒸着法(CVD)は、典型的に、液体又は固体の前駆物質から蒸気を作りそして蒸気が薄膜を形成するように作用する加熱された基板の表面にこの蒸気を送ることにより基板に薄膜を形成するプロセスである。化学蒸着法のシステムは半導体の製作のような用途に使用され、この場合はCVDは、半導体、誘電体の薄膜及び金属層を形成するために使用される。CVDを実行するためにバブラーベース(bubbler-based)システム、液体流量制御システム及び直接液体噴射システムを含んだ3種類のシステムが通常使用される。

【0003】

バブラーベースシステム、又は「バブラー」は、本質的に、加熱された液体前駆物質を通るガスの流れを気泡にする。液体前駆物質中をガスの流れが通過するとき、液体前駆物質からの蒸気がガス流の中に吸収される。この混合ガスがプロセス室に送られ、そこでガスは加熱された基板の表面上に作用する。バブラーは、典型的に、液体前駆物質をある一定温度に加熱する。時間が余計にかかると、時には、一定の加熱が前駆物質を分解させてこれをCVDで使えなくさせることがある。分解を最小にさせるために、バブラーは、典型的に、液体前駆物質の蒸気圧が最適である温度より低い温度に維持される。

【0004】

液体流量制御システムは、典型的に基板の近くに置かれた蒸発器に前駆物質を液相で送ろうとする。前駆物質は蒸気にされ、次いで、これを加熱された基板に送るキャリアーガス内に混入される。蒸発器への液体前駆物質の流量を測定し制御するために、液体の制御に適した熱質量流量制御器が使用される。

【0005】

れた。プロセス圧力は、一般に、これら材料の各の安定蒸気圧力範囲内であろう。

【0008】

【本発明の開示】

本発明は、多種の応用のための材料と構造の製作のための化学蒸着のシステム及び方法に関する。システムは、半導体工業の諸装置の製作によく適し、かつ薄膜の蒸着と処理とを含んだその他の用途にも使用することができる。

【0009】

誘電体層、金属化層、並びにシリコン、ゲルマニウム、I-IV及びI-III-V材料を含んだエピタキシャル成長の半導体薄膜の製造に加えて、本システムは、反射防止コーティング又は光学フィルターを含む複層誘電体構造、ダイヤモンド薄膜のような光学用薄膜、或いは多チップモジュール又はオプトエレクトロニクス装置用の合成構造の精密な製造にも使用できる。

【0010】

伝統的なCVD材料の薄膜と対照的に、別の薄膜は、低い蒸気圧を有しかつ適切な蒸気圧を達成するように加熱されたときにその材料の分解温度に近いことの多い新しい材料を必要とする。本質的に低い蒸気圧及び低い熱分解温度の両者を有する幾つかの前駆物質が、酸化タンタル、窒化タンタル、窒化チタン、銅、及びアルミニウムの薄膜の蒸着に対する最良の選択と考えられる。

本発明の装置は、蒸発室内に置かれた蒸発器及び蒸発器に前駆物質を分配するために置かれた分配器を備える。輸送導管が、蒸発器及び化学蒸気が基板上に蒸着されるプロセス室を連結する。輸送導管を通る蒸気流量を測定するために流量計が置かれ、輸送導管を通る蒸気流量を制御するために流量制御器が置かれる。流量計と流量制御器との両者は、測定された蒸気流量に応じて輸送導管を通る蒸気流量を支配するために流量制御器を制御するようにプログラムされたプロセッサと通信可能に組み合わせられる。

【0011】

好ましい実施例においては、流量計は、1対の開口端部を有する管を備え、これが層流部材として作用する。流量計は、更に、層流部材の両端間を横切る圧力

液体流量制御器には、いくつかの欠点がある。第1に、液体流量制御器は、液体前駆物質中の粒子及び溶解されたガスに対して極めて敏感である。第2に、液体流量制御器は、液体前駆物質の温度にも敏感である。第3に、液体流量制御器は、典型的に、液体前駆物質の蒸発を助けるためにガスを使用し、これにより固体粒子及びエアロゾルを作りその結果としてプロセスシステムにおける高いガス負荷を作る可能性を大きくする。第4に、大多数の液体流量制御器は40℃以上の温度では運転できず、この温度以下ではタンタルペンタエトキシド(TAETO)のようなある種の液体前駆物質は粘度が大きい。この敏感性のため、液体流量制御器はフルスケール流量の約1%の精度及び再現性である。更に、TAETO又は別の複数の前駆物質のいずれかで濃らされた液体流量制御器が空気に暴露されたときは、一般に前駆物質が反応して液体流量制御器を破壊させる可能性のある固体を作るであろう。

【0006】

液体ポンプ式のシステムは、典型的に、加熱された基板の近くの蒸発位置に液体前駆物質を圧送する。液体ポンプ式システムは、一般に2種の主な形式のいずれかである。一方の形式は、高圧液体ポンプのある管路内の液体流量計を使用する。他方の形式は、高精度、高圧軽量ポンプを使用する。これらシステムは両者とも、液体の中の粒子に対して極めて敏感である。液体流量計に基づくシステムは、液体中に溶解されたガスにも敏感である。いずれも要件を満足させるには極めて複雑であり、かつ高温を許容できない(最高50℃)。計量ポンプを有するシステムは高粘度液体の蒸発が困難である。最後に、両者とも、それらの極端な複雑さと大きな寸法のため、製造環境における実行は一般に困難である。

【0007】

現存のCVD装置の設計は、一般に高いプロセス圧力に対して最適化されている。最近まで、CVD前駆物質は、室温において一般に比較的高い蒸気圧力の物質か又は事実上、加圧されたガスのいずれかであったため、高いプロセス圧力の使用が最も好ましかった。その例には、テトラエチルオキシシリケート(TEOS)、TiCl₄、シラン、及びタングステンヘキサフルオライドなどが含まれる。これらの物質は高い蒸気圧力を有し、従って容易に輸送できるために選定さ

低下を測定するために、管の開口端部に挿えられた1対の容量形圧力計を備える。別の好ましい実施例においては、流量制御器は流量計と連通している比例制御弁である。

【0012】

本装置の更なる好ましい実施例は、分配器に前駆物質を供給するための貯蔵器を備える。分配器はプロセッサにより制御され、そして分配器から前駆物質を受ける蒸発器は、前駆物質を蒸発させるために加熱された表面を備える。好ましくは、プロセッサと通信可能に組み合わせられた圧力センサーが蒸発室に置かれる。このため、ある実施例においては、プロセッサは、例えば分配器が前駆物質を貯蔵器から蒸発器に分配する速度を制御することにより、蒸気が蒸発器により作られる速度を制御できる。

【0013】

本装置の別の蒸発器においては、輸送導管の出口はプロセス室に置かれ、そしてシャワーヘッドがプロセス室を上流部分と下流部分とに分割し、出口は上流部分内にあり、基板チャックは下流部分に置かれる。上流部分内の蒸気圧力を測定するために上流圧力センサーが置かれ、下流部分内の蒸気圧力を測定するために下流圧力センサーが置かれる。上流及び下流の圧力センサーの両者はプロセッサと通信可能に組み合わせられる。更なる好ましい実施例においては、シャワーヘッドは「能動型」であり、シャワーヘッドを通る蒸気流量を制御できる。

【0014】

本装置の好ましい実施例に見られるその他の特徴は、輸送導管と熱的に接触するヒーター、基板チャックに連結された直流又は交流電源、及び基板チャックを見降させるためのエレベーターが含まれる。本発明の別の実施例は、中央ウエハーハンドラーと連結された上述のCVD装置を有する半導体処理用のクラスターツールである。

【0015】

本発明の方法においては、前駆物質は蒸発室において蒸発され、蒸発室とプロセス室との間のガス流量が測定され、そして蒸発室との間のガス流量率が測定されたガス率に応じて制御される。本発明の方法の別の実施例においては、前駆物

質の蒸気圧力が測定され、前駆物質の蒸発速度は、好ましくは前駆物質が貯蔵器から蒸発器に分配される速度を制御することにより測定された蒸気圧力に応じて制御される。好ましくは、蒸着は、表面でなされる反応により発生する。しかし、本発明の実施例は、蒸着が表面でなされない反応によっても発生する方法を含む。

【0016】

本発明のシステム及び方法は多くの便益を提供する。第1に、キャリアーガスを使用するシステムの使用により達成できるよりも、より純粋でかつより高圧力又は高いフラックス形式の前駆物質を基板に送ることができる。その結果として、ガス相の反応、従って粒子形成の可能性が非常に減らされる。より高い蒸着速度をもたらすより高い集中度のため、本発明はプロセス室内へのプラズマの導入を必要としない。従って、本装置は単純化され、前駆物質のプラズマ導入の重合が減らされ又は無くされる。第2に、プロセス室に輸送される前駆物質の集中度の制御が強化され、これにより薄膜の厚さ及び均一性についての制御を改良する。第3に、低温、低圧でかつキャリアーガスなしでの蒸気流のプロセス室内への直接輸送が、多くの用途にで費用のかかる前駆物質の使用効率を、キャリアーガスを使った標準システムよりも10倍まで又はそれ以上に大きくさせる。この使用効率は、キャリアーガス及び温度依存性の理論的ピックアップ速度からか或いは熱的流量制御器又は液体輸送システムからの前駆物質蒸気流量を暗示する。キャリアーガスが無いこと一般に少ない流量及び前駆物質の利用効率を高くする良好な滞留時間のため、同様に、プロセス室からの未反応プロセスガスの排出を非常に低いレベルに維持できる。第4に、加熱された蒸発器との短い接触時間のため前駆物質の分解が限定される。要求されるように少量の前駆分解が蒸発器に輸送されるが、大量の前駆物質は貯蔵器内により低い温度に維持されるためその有効寿命が保存される。第5に、本発明の方法により形成される蒸着物の高度に一致する形態が、 $250\text{ }\mu\text{m}$ (0.25ミクロン) 又はこれ以下の線幅を有する集積回路の形成に有用である。

【0017】

本発明のその他の利点は、前駆物質の分解ガス及び粒子のような不純物に対し

ンドラー又は輸送モジュールとの連結のために、CVDモジュールは、セミコンダクターイクイップメントアンドマテリアルズインターナショナル (Semiconductor Equipment and Materials International (SEMI))、半導体工業の供給者の商業組織により採用されたMESにより制定されたような標準の床面積内に適合する。

【0021】

各ボックス103、105、107、109、111、113、115、117及び119は、個別の制御ゾーンを表す。各制御ゾーンは、別のカートリッジヒーター121により独立的に加熱される。更に、各制御ゾーン内の温度及び装置のその他の加熱される部材の温度は、抵抗温度検知器又は抵抗温度測定検知器(RTD)131により監視される。これの例は白金抵抗温度計である。RTDは窒化シリコンの被覆でカプセル封じされることが好ましい。窒化シリコンは熱伝導と熱質量が低いためである。或いは、RTDの代わりに熱電対又はその他の温度感知装置を使うことができる。

【0022】

図2aに示された蒸発サブシステム12は、蒸着用の前駆物質の管理された蒸発の供給を行うように設計される。最初は液体又は固定の形式の前駆物質は、インコネル(商標名)又はインコロイ(商標名)850のようなインコネル(商標名)合金(インコアロイインターナショナル社、ハンテントン、ウエストバージニアより入手可能)から作られる。或いは、貯蔵器20は316Lステンレス鋼より形成される。貯蔵器20の底部には、前駆物質を貯蔵器20から分配するために漏斗22の先端部の分配弁24の形式の分配器のある漏斗22が設けられる。液体前駆物質が使用される場合は、分配弁24は軸方向に移動可能なバルブ弁(pulse valve)である。固体前駆物質が使用される場合は、分配弁24は回転弁である。貯蔵器20は、以下説明される蒸発室26から熱絶縁され、前駆物質が大きな分解を受けるであろう温度以下の温度に維持される。選択的に、各が異なる前駆物質で満たされ、かつ各が蒸発室26内に供給する複数の貯蔵器20が設けられる。各前駆物質が要求されたとき、適切な貯蔵器20を使うことができる。或いは、多数の貯蔵器20の各がそれら自体の蒸発室内に供給

てシステムが敏感でないこと、共通前駆物質輸送システムにより各前駆物質の使用を整合させる能力をもたらす1個のシステム内で複数の前駆物質間の比較的容易な交換、全てのサブシステムの容易な接近性と保守、システムの省電力の要求、システムの作動構成部品の非常に低い電圧の使用、及びシステムの小さな総寸法である。

【0018】

【好ましい実施例の詳細な説明】

本発明の以上及びその他の目的、特徴及び利点は、以下の付属図面に示されたような本発明の好ましい実施例の特別な説明より明らかとなるであろう。図面は必ずしも縮尺にはよらず、本発明の原理の図解に重きを置いている。

【0019】

本発明による方法の特徴及びその他の詳細が付属図面を参照し特別に説明され、請求項において指摘される。複数の図面にわたり現れる番号は同じものを示す。本発明の特別な実施例が図解の方法で示されるがこれらは本発明を限定するものでないことが理解されるであろう。本発明の原理特徴は本発明の範囲から離れることなく種々の実施例において使用することができる。

【0020】

図1A及び1Bに示されるように、本発明のCVD装置の好ましい実施例は、蒸発サブシステム12、ガス流量制御サブシステム14、プロセスサブシステム16及び排出サブシステム18を含んだ4個の一体化されたサブシステムを備える。以下説明される分布されたプロセスシステムは、これらサブシステムの各の統合された制御及びマネージメントを提供する。分散されたプロセスシステム及びサブシステム12、14、16及び18の各は、全てが(図6a-cに図示された)1個の自立しているCVDモジュール10内にある。CVDモジュールの寸法は、一般に底面積で1メートル×2メートルを越えず、そして、自立CVDモジュールがより大きいクラスターツール形態における典型的な割当て床面積内に適合できるように、ウエハーハンドラーと一体化するための現行標準との合致を達成するために、好ましくは長さ約1.2メートル、幅約0.6メートル、そして高さ約1.8メートルである。更なる好ましい実施例においては、ウエハーハ

する。

【0023】

1個又は複数の蒸発室26を有するクラスターツール120への種々の前駆物質の供給を支配するシステムが図2cに図示される。クラスターツール制御器802は、例えばそれぞれ窒化チタン、銅、及びアルミニウムの蒸着用の前駆物質806、808、810の供給を調整するために、プログラム可能なホストコンピュータ又はデータプロセッサ804により制御される。クラスターツール制御器802は、ホストコンピュータ804により更にプログラム化されて、焼鈍/拡散のために1対のモジュール812、814を調整し、余熱及び前洗浄のために別のモジュール816を調整する。各モジュール806、808、810、812、814及び816とクラスターツール制御器802との間の通信は、例えばイーサネット/エビックスデータバス(Epics data bus)820と組み合わせてプロフィバス(Profibus)データ母線818を含み得るバス構成により容易に行うことができる。イーサネット/エビックスデータバス820にクラスターツール120が連結され、モジュール806、808、810からの前駆物質が輸送されるクラスターツール120の運転を同様に支配することをクラスターツール制御器802に許す。システムは、システムの監視作業のためのコンソール822及びシステム保守のためのコンソール824を備える。両コンソール822と824とは、クラスターツール制御器802に連結される。

【0024】

運転時には、クラスターツール制御器802は、ホストコンピュータ804により制御されたとき、比較的迅速なシーケンスで1個又は複数の蒸発室26(図2a)に供給するためにモジュール808、810及び812の種々の前駆物質を選定できる。この能力が1個のシステムにおける出発材料の順序付けを許し、これによりクラスターツール120のプロセスモジュールにおける基板上の種々の相の蒸着の速やかな連鎖を許す。更に、図2cの種々の構成要素、或いはその実施例、及びこれの使用法に関する追加の詳細は、以下、より詳細に説明されるであろう。

【0025】

分配弁24から離れるとともに表面積が増え増加して行く蒸発器28が前駆物質の蒸発に使用される。蒸発器28は、液体前駆物質が蒸発器28の面を流下して行く波面を作る落下式薄膜分子蒸溜器として機能する。蒸発器28の温度は蒸発器28の面を横切る移動経路にわたって前駆物質が蒸発するように設定される。蒸発温度のより高い汚染物は、一般に、蒸発器28の面を流れて下って蒸発することなく落下する。

【0026】

好ましくは、蒸発器28は、逆円錐形の形であり、分配弁24から流れてくる前駆物質を受けるように位置決めされる。蒸発器28は、要求されるような前駆物質と最良の化学的適合のために、塗装され又はメッキされた熱伝導性材料より作られる。好ましい実施例においては、蒸発器28は、無電解ニッケルメッキされたOFHCの基板を備え、この基板は硫酸ニッケルで重ねメッキされ、選択的に高耐食性と不活性のためにリジウムの重ねメッキで被覆される。図1A及び1Bに示された蒸発器28は、液体前駆物質を蒸発させるように設計される。或いは、固定前駆物質用として多段円錐が使用され、これにおいては、固体が貯蔵器20から送られたときにこれを集めるために円錐に隆起が設けられる。蒸発器28に適した実施例は、高さ106.68mm(4.2インチ)、底面の直径93.98mm(3.70インチ)の円錐を備える。蒸発器28及び貯蔵器20は、定期的保守の際に容易に清掃できかつ交換できるように着脱自在である。使用時には、蒸発器28は、具合いの悪い熱分解を起こすことなく前駆物質を蒸発させるに十分な温度に加熱される。

【0027】

蒸発器28は、複数の穴29を備える。ヒーター、例えばワットフレックス(商標名)カートリッジヒーター90(ダルトンエレクトリックヒーティング社、イプスウィッチ、マサチューセッツより入手可能)がこれらの穴29の4個に挿入される。一例では、ヒーターは、長さ76.2mm(3.0インチ)、直径6.35mm(0.25インチ)である。ヒーターは24-25V交流で50ワットを供給し、1000℃以上に加熱することができる。典型的に、頑丈なヒータ

【0031】

図2bは、蒸発サブシステムの別の実施例を示し、これにおいては、頸部23のベース21は溝を有し、ベースは中空にされて、前駆物質が蒸発室26への通路にあるロッド33を下方に流れたときのその熱分解を防止する。蒸発器28からの熱は蒸発室26の壁を通過して頸部23内に伝わる。頸部23を中空にすることにより、内壁25はロッド33を下がる前駆物質の流れから空間的に隔離される。中空出口部分は頸部21のほぼ中央まで伸びる。これは、斜めの面27で終わり、その上方で頸部の内径は小さくされる。中空出口部分内に流れ上がる蒸気は斜めの面27上で凝縮し、この斜めの面は凝縮した蒸気の流れをロッド33に向ける。

【0032】

システム全体の蒸気圧力は比較的低い水準に維持される。システムを低い圧力レベルで運転させる一つの理由は、すべてのサブシステムの密な物理的接近である。このため、蒸発から蒸着までに蒸気はごくわずかの距離しか動く必要がない。蒸気圧及びガスの速度が低いので、システムを通しての粒子の輸送は、キャリアーガスを使用するようなより高圧のシステムと比較して大幅に減少する。

【0033】

ガス流量制御サブシステム14が図3aに示される。ガス流量制御サブシステム14における全ての品目は、好ましくはアルミニウム製の伝熱性シース内に囲まれる。このシースは諸品目を蒸発器28とはほぼ同じ温度に加熱する。伝熱性シースは76.2×76.2mm(3×3インチ)の正方形断面を有し、ちょうどそこに輸送導管40を受け入れるために中央に直径25.4mm(1インチ)の丸穴を持つ。更に、伝熱性シースは、これがガス流量制御サブシステムの外側形状と一致することを許しつつ、圧力センサー48、50及びその他の装置よりなる諸部品を持つ。伝熱性シースは、ヒーター、例えばワットフレックス(商標名)カートリッジヒーター及び温度センサーを挿入する穴を持つ。輸送導管40が、蒸発室26とプロセス室70とを連結する。輸送導管40の長さも蒸発室26とプロセス室70との間の距離も25cmを越えないことが好ましい。一連の弁が、室26、70間の蒸気流量を制御する。遮断弁42が蒸気室26を輸送導管40

は200℃付近で動作する。白金抵抗温度計が中央の穴31の中に挿入される。

【0028】

蒸発器28は、「フラッシュ蒸発器」(flush vaporizer)として使用されるようには意図されない。むしろ、前駆物質が蒸発器28の面を横切って広がりそこから蒸気が蒸発するように意図される。蒸発器28は、半導体工業において使用される標準等級の液体CVD前駆物質中に懸濁している小粒子に感じない利点を提供する。この実施例においては、懸濁された粒子は蒸発器28の後方に残る。

【0029】

蒸発室26が蒸発器28を囲み、これは無電解ニッケルメッキされ硫酸ニッケルメッキされたOFHCより作られ、そして高度に反応性で不安定な前駆物質が使用される場合はロジウムメッキもされる。蒸発室26は、主シリンダー30及び蒸気出口32を備える。蒸発室26は、本質的に蒸発器28により作られたガスの膨張室及び容器として作用する。

【0030】

蒸発室26内の蒸気圧力を測定するための圧力センサー34が、好ましくは蒸気出口32に置かれる。或いは、圧力センサー34を主シリンダー30に置くことができる。圧力センサー34は蒸発した前駆物質の分解を防ぐために、運転中、蒸発器28とはほぼ同じ温度に加熱される。圧力センサー34は、蒸発室26内の明らかに一定の圧力を得るために分配器24とプロセッサー駆動の制御ループ内で組み合わされる。蒸発室26内の圧力が低下すると、分配器24はより多くの前駆物質を分配させる信号を受ける。従って、圧力センサー34と分配器24とは、共同して蒸発室内の圧力をプロセス室70内の圧力と以下説明される蒸発器の温度における前駆物質の標準蒸気圧との間の範囲内に維持するように動作する。このシステムにおいて、希望の蒸気圧力を再確立するための応答時間は典型的に約10秒である。好ましくは、圧力センサー34は、フルスケールが1.36kg/cm²(1000トル)の容量形圧力計又はその他の同様な直接測定用計器である。

から隔離する。一実施例においては、遮断弁40は高温で運転するように改変されたHPSロプロ(商標名)弁である。高温に耐えねばならない遮断弁42のような部品においては、全ての弾性シールはデュボンカルレッツ(商標名)8101、サハラ(商標名)又はドライ(商標名)のような特殊高温材料である。高い熱伝導度を提供しかつ濡れた前駆物質との化学的両立性を提供する高温に耐えるように設計された比例制御弁44(例えば、MSKインスツルメンツ、アンドヴァー、マサチューセッツ)が図2aに示される。或いは、図1Aに示されたように並列に連結された複数の弁44'を、1個の比例制御弁44の代わりに使用することができる。比例制御弁44は、遮断弁42の下流でかつ1対の圧力計48、50及び層流部品54とからなる流量計46の上流に置かれる。図示の実施例においては、層流部品は、輸送導管40を通る流れを阻止している固定ブロック56のオリフィスを通して差し込まれた開口端部の管54である。一実施例においては、管54は長さ203.2mm(8インチ)、外径9.525mm(0.375インチ)、そして内径7.112mm(0.280インチ)である。管54は、輸送導管40内でこれと同心に向けられる。本発明の方法の一実施例においては、蒸気が輸送導管40を通過して流れるときの管54の両端間の圧力低下は0.136g/cm²(0.1トル)台である。

【0034】

輸送導管40は、既存のCVDシステムにおいて蒸気前駆物質の輸送に通常使用されるパイプの内径より大きい内径(I.D.)を持つ。好ましくは、輸送導管40の内径は12から40mmの間である。より好ましくは内径は約25mmである。かかる大きい内径の導管を蒸発室26とプロセス室70(図4a-d参照)との間の蒸気の輸送に使用することが、内部の蒸気の流れに対するより高い伝導率を許し、従って低圧における適切な蒸気流量を許す。蒸発した前駆物質は50%より多くない希釈度で導管40を通過してプロセス室70に送られる。好ましい実施例においては、蒸発した前駆物質は實質的に希釈されない状態(すなわち、10%以下の希釈度)でプロセス室に送られる。更に好ましい実施例では、蒸発した前駆物質は本来の純粋な形式で輸送される。別の蒸発器からの蒸気前駆物質をプロセス室70に送るために追加の導管141を設けることもできる。

【0035】

好ましくは容量形圧力計である1対の圧力センサー48、50の各は、それぞれ、管54の開口端部57/59と挿えらる。従って、2個の圧力センサー48、50からの圧力測定値の差が管54における圧力低下を反映し、これにより管54を通過するガス流量を計算することができる。容量形圧力計は輸送管40内の圧力の直接測定値を提供する電子式の計器である。容量形圧力計が使われる場合は、各圧力計は同じフルスケール、典型的には13、595 g/cm² (10トル)を持つ。適切な容量形圧力計は、特製のバトロロン(商標名)121を基礎とした絶対圧力変換器(MKSインストルメンツより入手可能)及びモデル622パロセル(商標名)可燃(bakeable)真空/圧力変換器(エドワーズハイバキュームインターナショナル、ウィルミントン、マサチューセッツより入手可能)を含む。バトロロン(商標名)変換器は、典型的に150℃を限度とする標準のバトロロン(商標名)と比較して、200℃で作動するように特別の作られ校正される。

【0036】

変換器は、全ての不必要な質量を除去するように、及び変換器を通して一様な温度分布を促進するように変更された。このため、第1段階として、変換器のカバー又は外殻が除去された。これを行うために、バトロロン(商標名)変換器に取り付けられたケーブルが外され、変換器の外殻が外され廃棄され、そしてケーブルが短くされ再び取り付けられた。ハウジング支持リングも外され廃棄された。更に、変換器のポートが外された。その長さが機械加工で切断され、そして再取り付けされた。次いで、変更された変換器の変化された容量に適合するように変換器の電子回路が再校正された。パロセル(商標名)変換器が利用可能であるが、200℃での使用のために、バトロロン(商標名)変換器におけると同様に外殻が外され、パロセル(商標名)のケースが外され、そのケーブルが外され短くされた。

【0037】

図3bに示された別の実施例においては、層流部材54を囲んでいる固定ブロック56が、更に層流部材54の両端に向かって伸びる。ブロック56を延ばす

システム50が、追加的な反応物質、掃気用ガス及びその他のプロセスガスをプロセス室70に供給する。図示されたサブシステム150は、アルゴン152、ヘリウム154、及び酸化窒素(N₂O)156のソースを備える。これら各ソースからのガス流量が流量制御器165/166/167を有する複数の弁162/164/169及び弁161/163/168により調整される。

【0043】

ソース156からの酸化窒素は、蒸発した前駆物質との反応のために輸送管40を通過して弁157を通り、出口ポート143を通りプロセス室70に入る。蒸発が行われた後、ソース152からのアルゴンが弁157を通過してプロセス室70に入り室70内のガスを追い出す。弁155、158又は158の少なくとも1個と関連して弁160を開くことにより、CVD装置10の特定のサブシステム又はセグメントを独立して分離させて空にさせ又は再び満たすことができる。追加的な反応物質ソース及びプラズマを、プロセス室70への輸送のための酸化窒素と並列にリンクさせることができる。

【0044】

ソース154からのヘリウムは、弁157を経てプロセス室70内に送られ、更に、基板チャック74と基板88との間の熱伝達を改良するために蒸気が蒸発されると、基板チャック74基板88との間を解放するように導管を通過して送られる。

【0045】

プロセスサブシステム16は、基板上に反応した前駆物質の蒸気の実際の蒸発を行うように設計される。図4aに示されたプロセスサブシステム16は、プロセス室70、シャワーヘッド72及び基板チャック74を備える。

【0046】

プロセス室70は、典型的に、無電解ニッケルメッキ及び硫酸ニッケルメッキされた6061アルミニウムで形成され、50℃から300℃の間で運転される。プロセス室70はアクセスポート123を有し、これは、ウェハーをプロセス室70に出し入れするためにウェハーハンドラー又はクラスターツールと組み合わせることができる。アクセスポート123には、ここを通過するアクセスを制御す

ことにより、層流部材54を囲んでいる開口空間の容積が減らされた。この開口空間は一般に「デッドスペース」と考えられる。このデッドスペースの減少が、輸送管40を通過する、より直接的かつ有効な流路を提供すると考えられる。更なる好ましい実施例においては、デッドスペースの全部又は殆ど全部が除去され、そしてブロック56及び層流部材54は、本質的に、導管40を通過して流れている蒸気が容量形圧力計48において壁を叩き層流部材54として作用する壁の穴を通過するように指向されるような1個の筒状要素を形成する。

【0038】

加熱されたアルミニウムシース55も図3bに示される。これは、前駆物質輸送システムの輸送管40及びその他の構成要素と熱的に接触している。

【0039】

輸送管40を通過する蒸気の流量を調整するために、比例制御弁44はプロセス駆動の制御ループ内で流量計46と組み合わせられる。このため、流量計46は、輸送管40における圧力差に関するフィードバックを提供し、このフィードバックが流量を増減させるように比例制御弁44に指令するために使用され、一方、これが、流量計46で測定されたときの輸送管40内の圧力差をそれぞれ増減させる。比例制御弁44のこの応答した調整は、流量計46で測定された圧力差がプロセス室70内の反応のための望ましい流量における前駆物質の供給に要する値に適合するまで続けられる。

【0040】

或いは、1対の容量形圧力計の代わりに層流部材を横切る圧力低下を測定する1個の圧力差変換式容量形圧力計を1個の絶対圧力変換器と共に使用することができる。予想し得る圧力低下を誘導する別の手段は、層流部材の代わりに流量絞り部材又は分子流部材を備える。

【0041】

ガス流量制御サブシステム14は、流量計46の下流に置かれた第2の遮断弁58、例えば高温用に変更されたHPSリプロ(商標名)弁を備える。

【0042】

蒸発及びガス流量制御のサブシステム12、14と並列にプロセスガスサブシ

ステムに仕切弁125が取り付けられる。プロセス室70は、更に室70の上流部分78の入口ポート76及び室70の下流部分82の排気ポート80を備え、蒸気流量はこれにより管理される。輸送管40の出口は入口ポート76を通過して室70内に突き出し、一方、排気ポート80は排気サブシステム18に連結される。上流部分78内の蒸気圧力を測定するために、圧力センサー51(例えば、容量形圧力計)が置かれる。下流部分82内の蒸気圧力を測定するために、少なくとも1個の別の圧力センサー53(例えば、容量形圧力計)が置かれる。

【0047】

シャワーヘッド72が、プロセス室70を上流部分78と下流部分82とに分離する。一実施例においては、シャワーヘッド72は、無電解ニッケルメッキ及び硫酸ニッケルメッキされた6061アルミニウムよりなり、ガスの流れのための通路84を有する平らな円板の形である。シャワーヘッド72は、図4aに示された受動型又は能動型のいずれかである。「能動型」シャワーヘッドは、これを通るガス流量を変えるように変更を受けるシャワーヘッドである。好ましい実施例においては、能動型シャワーヘッドは、図5aに示されたように小穴84の場所に位相変化共晶合金のミリスケールの弁のアレイを備える。これらの弁(TiNiアロイコンパニー、サンリンドラ、カルフォルニアより入手可能)は、マイクロ機械加工されたチタンとニッケルの合金よりなる熱相変化物質より作られる。一実施例においては、直径が約2.54mm(0.1インチ)である弁は、シャワーヘッドの板材の本来場所にまとめて形成することができる。弁は、電流が与えられたときに開く。弁は、ミリ秒台で反応し、従ってリアルタイムでこれを使うことができる。これらの弁は、能動的な弁作動パターン、例えば掃引作動、バルス作動、スポットなどでも使用することができる。

【0048】

別の実施例においては、シャワーヘッド72は、ウェハー88の直径に近似した直径を有する小さな板材である。この実施例が図5bに平面図で示され、図5cに側方からの断面図で示される。図示のように、シャワーヘッド72は以下説明されるように大きなリング73に交換可能に取り付けられ、かつ限定されたプロセス空間より大きくはない。このため、異なる寸法のウェハー及び異なる

処理条件で使用するために種々のシャワーヘッドを交換することができる。小さいシャワーヘッドの使用は費用を減らしプロセスの大きな融通性を提供し、更にプロセスガスの流れを基板88の直上の空間内に集中させる。

【0049】

下流部分82に置かれた基板チャック74は、無電解ニッケルメッキOFHC銅、及び、選択的に絶縁セラミックと同様なフレームスプレイ (frame-spray) の酸化アルミニウム又はその他で重ね被覆される。基板チャック74は、表面上で前駆物質が処理される基板88を保持するように設計される。基板チャック74は、放射状に広がり基板チャック74内に入る複数の穴75を備える。基板チャック74の温度を測定するために白金抵抗温度計が穴75の一つに挿入される。基板チャック74は、その他の穴75内に挿入されたワットフッククス (商標名) カートリッジヒーター (ダルトンエレクトリックヒーティング社 (イブスウィッチ、マサチューセッツより入手可能)) により加熱される。この実施例においては、ヒーターは、長さ76、2mm (3インチ)、直径6.35mm (0.25インチ) である。ヒーターは、24-25V交流において50ワットを供給し、かつ1000℃以上に加熱できる。しかし、ヒーターは、典型的に最高650℃で作動し、より普通には約300-500℃で作動する。これらの温度は、ウエハーが通常の熱CVDプロセスにおける典型的な加熱温度、即ち800-1300℃よりかなり低い温度である。本発明のシステムにおいては、キャリアガスの無いこと、短い輸送距離、及び導管の高い伝導率のため、蒸発した前駆物質がウエハーに高い集中度で提供されるので、基板を低い温度で作動させることができる。

【0050】

上述の加熱手段に代わって、又はこれに補足して、基板を、レーザー、イオンビーム、電子ビーム及び/又は光子支援のエネルギー源により加熱することができる。いずれの場合も、基板はプロセス室の壁の温度より高い温度に加熱される。

【0051】

一実施例においては、電圧源79により基板チャック74に直流又は交流のバ

フローシールド77がシャワーヘッド72から下方に伸び、リングを形成し、その中に基板88が置かれる。フローシールド77は、シャワーヘッド72を通過して基板88の露出面を横切る反応物質のガスの流れを指向させる。

【0055】

基板チャック74は、基板チャック74が取り付けられたエレベーター96により昇降させられる。エレベーター96は電気絶縁される。エレベーター96は、動力が駆動軸99により伝達されて、ステップモーター97により駆動される。エレベーター96の位置は、約70mmの作動行程を提供する完全後退から完全伸長までの範囲にわたって連続的に調整可能である。基板チャック74の変更位置は、エレベーターの高さをサブミクロンの精度で測定できるリニヤ電圧変換器101により測定できる。基板チャック74を昇降させることにより、基板88の上方の蒸気前駆物質の流れの特性を変えることができる。このため、基板チャック74は、エレベーター96により昇降されたとき、シャワーヘッド72を通る流量を制御する絞り弁として使うことができる。チャック74の垂直方向位置は、蒸着された薄膜の微小構造及び特性を変えるように変更することができる。

【0056】

更に、シャワーヘッド72、マスク94、交換可能なゲッター用リング89、フローシールド77及び基板88は、共同して、蒸気前駆物質及び希望するならば反応物質ガスが輸送され蒸着が生ずるであろう限定されたプロセス環境を定める。この空間の (マスク94により定められたときの) 直径は、好ましくは基板の直径の約120%より大きくない。空間の高さ (又は深さ) は、基板88の高さを支配するエレベーターの位置の関数である。プロセスの行われるこの空間は、通常のCVD反応炉の空間よりかなり小さく、従って、基板における蒸着の効率を改善する。

【0057】

本発明の方法においては、蒸着は、プロセスガスが加熱された基板88と接触しここに固体を形成するように反応したときに生ずる。基板の面における蒸着は、前駆物質の輸送速度又は表面における反応速度により限定された速度とするこ

トが加えられる。基板を横切る電気バイアスを提供するためにエレベーターシャフトにバイアスをかけることもできる。このバイアスにより作られた電磁場は、薄膜の結晶構造が基板上で成長するときこれに影響を与えることができる。

(例えば<100>の格子方向を有し) その他は均一な薄膜を、異なる結晶構造 (例えば<111>) における成長に誘導できることが示されている。ある事例では、基板88に対して、室のその他の部分に関して直流又は交流のバイアスを掛けることにより、薄膜はある勾配である一つの構造 (例えば<100>) から別の構造 (例えば<111>) に誘導される。このバイアスを得るには、基板チャック74を、接地状態に保持されるプロセス室70及びプロセス室70内のその他の構成要素から電氣的に絶縁するためにセラミックリングが使用される。或いは、そしてより普通には、プロセス室18の下方部分を、チャック及び中空部を室から絶縁するに十分な厚さの酸化アルミニウムで被覆する。

【0052】

基板88、例えばシリコン半導体ウエハーは基板チャック74に取り付けられ、作られた直流又は交流のバイアスを加えられる。マスク (又はクランプ) 94がシャワーヘッド72から下方に伸び、基板88の縁から外側0.5から3.5mm以上、より典型的には1.5から2.0mmをマスクするリングを形成する。マスク94は、基板88の縁を覆い、基板88の縁又は下側でCVDが生ずることを防ぐ。マスク94は非常に低い熱伝導率を有する材料で形成され、基板以外の未反応のプロセスガスに暴露されるどの部分の熱損失も最小にする。好ましくは、マスクは、インコロイ (商標名) 850、エルギロイ (商標名、エルギロイ社、エルギン、イリノイより入手可能)、又はモリブデンより形成され、そして選択的に酸化アルミニウム (Al_2O_3)、二酸化シリコン (SiO_2) 又はその他の同様な誘電材料の被覆を含む。或いは、マスク94はセラミックで形成される。

【0053】

基板チャック74が下げられたときは、マスク94は基板88の上方で吊り下げられる。

【0054】

とができる。典型的なCVD及びプラズマ強化され、プラズマ支援され又はプラズマ援助された蒸着 (PECVD、PACVD、PPCVD) プロセスにおいては、限定する要因は前駆物質輸送速度である。従って、表面の反応速度は次善であり、蒸発し又は分離した前駆物質は、これが接触する最初の高温の面に視線の方法で反応し蒸着する傾向があるであろう。更に、プラズマの使用は蒸気相の反応物質を消費し、これも表面における一致した被覆を弱める。結果として、図5eに示されたように、基板の腐食された空洞部194の口に形成された蒸着層192が、空洞部194から離れた区域における形成層192の成長よりもかなり急速に成長するであろう。

【0058】

更なる比較のために、図5dは物理的蒸着 (PVD) により形成された典型的な蒸着層192を示す。蒸着構造192は、空洞部194の深い領域において非常に小さい蒸着が形成される同様な潰れた形状を持つ。この不均衡は、PVDの特徴である方向性の視線的な蒸着に基づく。

【0059】

しかし、対照的に、図5fは、ここに説明された装置によりかつ本発明の方法により形成し得る一致した蒸着層192の近似構造を示す。この実施例においては、空洞部194の口における濡れ効果は相当に減らされる。これは、蒸着過程が、前駆物質の輸送速度ではなくて表面における反応運動により限定され、蒸着が基板の全ての露出面において同時にかつ一様に主する最終の傾向があるためである。

【0060】

複数 (好ましくは少なくとも3個) のピンが、基板チャック74の穴を通過して基板チャック74と組み合う。ピンは丸い端部を有する円柱状である。かかるピン74aの一つが図4aに示される。この実施例においては、ピンは、プロセス室70の下流部分82の底部に取り付けられる。エレベーター96が下降するとき、基板チャック74は下流部分82の底部に向かってピンを滑り降りる。基板チャック74が完全に後退すると、ピンは基板チャック74の頂面を通過して伸び、基板88をチャック74から離して持ち上げる。基板88がチャック74から

離され持ち上げられた後で、ロボットアームによりこれをプロセス室70から取り出すことができる。ウエハーを基板上に置くために、図12a-dに示された同様の過程が行われる。

【0061】

図4bに示された別の実施例においては、自己整列ピン74aの各がペローズ81により基板チャック74に取り付けられる。ペローズ81の自由高さはこれの取り付けられた中空部の深さより大きいので、ペローズ81はバネ状の支持を提供する。図4bに示されるようにチャック74が完全に後退したときは、ピン74aは強制されてチャック74を通り、基板88を持ち上げてチャック74の面から離す。エレベーター96が、チャック74をシャワーヘッド72に向かって持ち上げるために使用されたときは、ピン74aはチャック74内のペローズ81により、チャックの頂面の下方の定位置に保持される位置に戻し降ろされる。

【0062】

図4bは、チャック74の側面を蒸着からマスクするための交換可能なゲッター用リング89を示す。全体に加熱されたチャック74の側面は、典型的に、基板88と反応しない未反応前駆物質からの蒸着の蓄積を受ける。交換可能なゲッター用リング89への蒸着の建設後に、リング89は、チャック74を損傷させることなく、またチャック74の交換を要することなく単純に交換することができる。従って、交換可能なゲッター用リング89の使用により、チャック74の使用寿命を大きく延ばすことができる。

【0063】

交換可能なゲッター用リング89は、ピン74aが後退したときの基板88用の支持としても作用する。このため、基板88は、基板チャック74と物理的接触をしない。基板88とチャック74との間には約0.38mm(0.015インチ)の隙間がある。注意されるように、この隙間は、チャック74と基板88との間で熱を伝達するヘリウムガスで満たされる。マスクスル94は、基板88の縁の隙間を密封し、これによりヘリウムガスを閉じ込める。基板88とインチ)ノ74との間のヘリウムガスの圧力は制御され、ヘリウムの流量もまた監視及

テムから出るより前にガス流から有害な汚染物を能動的に除去し、これによりシステムから出て行く排出物を清浄にする。小型乾燥式の低出力の動的な可変速度ポンプ95も、プロセスサブシステムのキャビネット16内に設けられる。ポンプ95の好ましい実施例はプレファアバキューム(ナッソー、ニューバンブリア、米国)であり、これは、50m³/hrまでの流量で吸引する。蒸気が閉ループ処理システムを介してシステムを通過して吸引される速度を決定するようにポンプ95の吸引速度を制御するように、ポンプ95は、プロフィバスデータ母線を経て制御システムと統合される。圧送速度をこのように制御することにより、ポンプ95より上流の絞り弁83を無くすことができる。

【0068】

サブシステム12、14、15、18、150の各は、システムから漏洩したいかなる有害ガスも閉じ込めるように密閉容器内に囲まれる。蒸発サブシステム12及びガス流量制御サブシステム14は、両者とも第1の密閉容器180内に収容される。システムから逃げ出したガスの管理された解放と除去のために、排気管路182が第1の密閉容器180に連結される。同様に排気管路186を有する第2の密閉容器184は、プロセスガスサブシステム150を取り囲む。

【0069】

ここに説明された種々のサブシステムを取り入れているCVDモジュール10が図6a-cに3種の異なる斜視図で示される。図6aは、CVDモジュール10の(連結されたウエハーハンドラーの視点からの)背面図を示す。図6bは、同じCVDモジュールの側面図を示す。最後に図6cは、CVDモジュール10の正面図を示す。モジュール内に含まれる構成要素は、プロセスモジュール制御器205、蒸発サブシステム12、電力入力モジュール142、ガス流量制御サブシステム14、プロセスサブシステム16、エレベーター96、スクラッパ-85'、及び仕切弁125を含む。

【0070】

図7は、1個のCVD装置10及びその組み合わせられたサブシステムの制御のための一般制御構成線図を示す。CVD装置10の制御はプロセスモジュール制御器205により容易にされ、この制御器は、温度制御モジュール210、圧

び/又は制御される。

【0064】

図4cは、チャックがウエハー処理の位置にあるときの図4bの装置を示す。図4dは、エレベーターが完全に伸長したときのこの同じ装置を示す。この位置においては、チャックはプロセス室70の外に持ち上げられ、保守点検のためのチャックへの接近を提供する。

【0065】

選択的に、センサー87、例えばカサリ入射レーザーを有する光学式厚さセンサーがプロセス室70に設けられ、蒸着された薄膜の厚さ又は化学的性質或いはプロセス室70の周囲条件を測定する。

【0066】

最後のサブシステム、即ち排気サブシステム18は、部分的には、シャワーヘッド72の両面の圧力差を維持するように設計される。排気サブシステム18は、プロセス室70の下流部分82に連結された排気導管110、トラップ容器85、及び真空ポンプ112(エドワードハイバキュームインターナショナル、ウィルミントン、マサチューセッツより入手可能なIQDP80又は相当品)を備える。このポンプは、プロセス室70の反対側で排気導管110に連結され、これにより、蒸気をプロセス室70から排気導管110を通過して吸引する。或いは、1個以上の真空ポンプ112を使うことができる。排気導管110内に絞り弁83が置かれ、プロセス室70から吸引された蒸気の量を調整し、従って、プロセス室70内の希望の蒸気圧力を維持する。この実施例においては、トラップ容器85は真空ポンプ112と絞り弁83との間に設置される。このトラップ容器85の目的は、未反応の前駆物質蒸気を、これが真空ポンプ112に送るより前にその大部分を捕捉することである。トラップ容器85は、前駆物質を反応させる表面を備え或いは化学的又は熱による分解又は捕捉過程によりここに捕捉する。

【0067】

図1C-Dに示された別の好ましい実施例においては、トラップ85の代わりスクラッパ-85'が使用される。スクラッパ-85'は、プロセスサブシ

力制御モジュール215、流量制御モジュール220、及びエレベーター制御モジュール225を他と無関係に制御する分散された方法でソフトウェアの制御下で作動する。好ましい実施例が分散されたシステムであるとして図示されたが、本発明内にある全体的な化学蒸着の概念及び技術は、必ずしも分散された方式で実行されるとは限らない。従来技術のシステムの諸問題の多くをなお克服しつつ、1個の主制御器が全てのプロセス段階自体を実行する線形的方法でこれらを行うことができる。しかし、好ましい実施例の分散された性質が、説明されるであろうように線形のシステム運転に勝る大きな利点を提供する。

【0071】

モジュール210ないし225は、CVD装置10の主処理作業を表し、更に本明細書を通して示されるその他の特定の業務用使用される図示されないその他の制御モジュールがある。蒸発サブシステム12、ガス流量制御サブシステム14、プロセスサブシステム16、及び排気サブシステム18を含んだ前述のサブシステムの各は、図7に示された全体制御構成のモジュール210、215、220及び/又は225により作動される幾つかの構成要素を備える。

【0072】

例えば、図2a及び2bにおいて、蒸発サブシステム12は、仕事の中で、貯蔵器20の温度の制御、分配弁24からの前駆物質の位置、従ってその量の制御、蒸発器28の温度の制御、及び蒸発室26内の圧力の監視を含む。これらの仕事の各は、一般に、プロセスモジュール制御器205内で作動しているソフトウェアにより整合され、モジュール210ないし225の一つ又は複数により物理的に実行される。

【0073】

種々のシステム構成要素の分散された特徴により、プロセスモジュール制御器205は、個々のCVD装置10についてウエハー処理を管理でき、これは多くの同時発生する作業を要求する。1個のCVD装置10に対するウエハー処理があまり複雑でない場合は、これは、1個以上のCVD装置を監視し制御するために1個のプロセスモジュール制御器を使用できる事例である。即ち、プロセスモジュール制御器205の処理能力に過負荷を与えることなく、2個の物理的CVD

システム10を1個のプロセスモジュール制御器205で制御することができる。しかし、好ましい実施例は、1個のCVD装置10当たり1個の分離したプロセスモジュール制御器205を使用する。分散された処理を使うことにより、ウエハー処理の全手順中の幾つかの段階は互いに並列で実行でき、これによりより効率的なウエハー生産をもたらす、かつ蒸着のリアルタイム管理を許す。

【0074】

実際のプロセス制御は、サブシステムの各における個々の機能的構成要素（即ち、弁、温度監視及び加熱装置、モーター、など）の各について分離した制御モジュール210ないし225を設けることにより達成される。モジュールは、そのサブシステムの機能的なある特定部分に関する特定の仕事をを行うようにプログラムすることができる。仕事が与えられたとき、各制御モジュールはその仕事が完了したとき、その状態及び/又はその仕事の完了に失敗したか否かをプロセスモジュール制御器205に報告を返す。

【0075】

例えば、高レベルのプロセスモジュール制御器205が単に1個又は複数個の特定の温度制御モジュール210に対して特定の温度に設定し維持するように指示するだけの温度制御過程の全てを分散方式で行うことができる。このとき、プロセスモジュール制御器205は、ウエハー処理ルーチンの次の主要な仕事に移ることができる。このとき、設定点温度の達成と維持とは、閉ループ方式で独立の温度制御モジュール210により実行することができる。

【0076】

制御モジュールの例は、インテリジェントモジュールNo. S7-353及びS7-355（両者ともシーメンス社製）である。かかるモジュールは、集中的閉ループ型の制御業務に使用することができ、一方、同じくシーメンス社製のインテリジェントモジュールNo. S7-331は、流量制御における調整値を得るような容量形圧力計からの電圧測定値のような正確な信号調整型式の仕事に使用することができる。

【0077】

好ましい実施例に使用されるこれら特定の制御モジュール、並びにシステム内

関係を介して蒸発室圧力制御モジュールにリアルタイムで信号することができる。

【0080】

換言すれば、化学蒸着の全プロセスが主制御ルーチンに従ってプロセスモジュール制御器205によりCVD装置において制御される間、幾つかの制御モジュールループは、プロセスモジュール制御器205との通信する必要なしに、他のシステム構成要素における変化に適合し又はこれを検知するために他のモジュールからデータを取り入れることができる。これは、一つのモジュールの出力が別のモジュールの性能又は作動に直接影響を与える場合に最も多くなされる。

【0081】

モジュール210ないし225とプロセスモジュール制御器205との間の通信は多くの方法で達成できる。直接メモリアクセス（DMA）は、図7に示されたように、共有メモリ230内の共通にアクセス可能なメモリ位置にデータを直接書き込みかつ読み出すために使用することができる。例えば、典型的に12MHzで作動しかつモジュールにインターフェースするためにDB-9コネクタを使用するプロフィバス・データバスのようなデータ母線（図8には図示せず）が、データ通信及び情報の共有のために、モジュール210ないし225を相互間及びプロフィバスモジュール制御器205と相互に接続することができる。共通ネットワーク化及びデータ通信の処理と原理は、ここでは、本発明の装置、モジュール及び構成要素間の通信に適用し得るとして考えられることを理解すべきである。

【0082】

本発明においては、モジュール及び構成要素の不調が起り得ること、従って本発明は冗長性又は耐不調性のモジュール、構成要素及びプロセッサを使用でき更に各モジュール210ないし225及びプロセスモジュール制御器205のために交換可能な専用プロセッサを提供できることも考えられる。交換可能な構成要素の提供により、全システムを停止させることなく部品を交換することができる。これは、例えば、高価な前駆物質が余剰され、もし低温に戻したら駄目になるであろう場合に有利である。例えばエレベーター制御モジュール215に

の大多数のその他の電気構成要素は、短絡の際の負傷を防止するため、及び蒸着に対する干渉を防ぐために、低電圧（即ち、24V交流又は直流）で作動する。低電圧運転のため、本発明のシステムは、120V又は240Vの電力供給装置により、或いは異なる電圧の別の国際的電力システムにより運転することができる。

【0078】

このため、蒸発サブシステム12で開始しプロセスサブシステム16で終了する制御の全ての形態は、独立的に作動することができかつこれらに与えられた仕事を取り扱い得るモジュールで扱われる。

【0079】

しかし、モジュールが幾つかの処理の設定を維持するために他のモジュールと適切な関係を確立するように情報又は通信を直接提供し得る場合がある。かかる場合は、これらのモジュールは、更なる指令を要することなくそれらの仕事に又はプロセスモジュール制御器205からの仕事に適合できる。即ち、1個又は複数個のモジュールは、主従又は客と給仕人との形式の関係のような関係を確立でき、更に適応性関係に含まれるその他の相互関係のモジュールのフィードバックに依存して仕事をやめるか又は仕事を進めるかに従ってこれら自体で調整することができる。

例えば、圧力制御モジュール215は、蒸発室26からの出力圧力を検出する圧力センサー34を監視するために使用できる。圧力制御モジュール215は、遮断弁42を作動させる個別流量制御モジュール220にフィードバックを直接提供できる。プロセスモジュール制御器205が最初に流量制御モジュール220を通して遮断弁42に蒸発ガスの或る流量を維持するように指令したならば、流量制御モジュール220は、圧力センサー34を制御する圧力制御モジュール215から圧力データを得ることができる。このデータは、輸送導管内の圧力が所要流量を輸送するに十分であるか否かを決定するために使用できる。もし圧力が低すぎ又は高すぎるならば、圧力制御モジュール215は、実行に依存して、圧力の不具合のため仕事が完了できないことをプロセスモジュール制御器205に信号し、或いは蒸発室圧力を増加させ又は低下させるために、確立された適合

不調が発生した場合は、このモジュールは、不調モジュールの失われた機能を引き継ぐ別の冗長モジュールと置換され又は停止させることができる。交換又は冗長フェールオーバー（fail over）は、ウエハー蒸着過程を停止させることなく実行でき、これによりウエハーを救って先駆物質の廃棄を減らしかつシステムの停止時間を減らすことができる。

【0083】

図8は、図7からのプロセスモジュール制御器205により行われる主処理作業の流れ図を示す。好ましい実施例においては、ステップ300ないし305はソフトウエア又はファームウエアで実行され、CVD装置10がウエハーを処理するために作動されたときに実行される。説明の好ましい実施例においては、主プロセス制御ステップ300ないし305は、本来、ウエハー中心である。即ち、これらのステップは、主に、ウエハーの取扱い及び特定のウエハーにCVD処理を行う処理レシピの実行に焦点を合わせている。一般に、主ルーチンはなすべき仕事を設定し、これらの仕事とシステムの運転のための変数を設定し、そして専用のモジュールに仕事の実行を指令する。この主処理ルーチンと平行して、説明されるであろうように、同時に生じたその他の仕事を行う別の実行ルーチンの設定がある。図8の主要なプロセスシーケンス（即ち、ステップ300ないし305）の完了を成功させるためにはサブプロセスが必要である。図9a、9b、10及び11に示されるサブプロセスは、それぞれ、蒸発器サブプロセス、蒸気相の流量制御器サブプロセス、及びプロセス室圧力制御サブプロセスである。その他のサブプロセス、例えば清浄化プロセス、段取りプロセス、安全インターロックプロセス、及びここに説明されたその他のプロセスは同様にあり。

【0084】

図8の主プロセス制御サブルーチンのステップ300において、CVD装置10がウエハーを受け入れるように下準備される。このステップには、例えば貯蔵器20内の先駆物質の希望温度への予熱、CVD装置10により実行されるウエハー処理レシピのロードが含まれる。処理レシピのパラメーターが、例えば（説明された）クラスターツール制御器のような外部ソースからメモリ230にロードされる。処理レシピのパラメーターは、温度、圧力、及びウエハー88と共に

処理される蒸気とガスのような種々の項目の設定を制御する。

【0085】

好ましい実施例においては、ウエハー処理を継続する10以上の多くのステップが有り得る。各ステップは、ウエハーを処理している使用者が、例えば「ステップ数」、「ステップの持続時間(秒)」、「目標処理圧力(kg/cm²)」、「前駆物質流量(milliliter/sec)」、「反応物質流量(milliliter/sec)」及び「ウエハー温度(℃)」のようなパラメーターを選ぶことができる。これらパラメーターはウエハー用の処理レシピを作り、そしてCVD装置10の一般的な温度、流量圧力及び作動を支配する。例えば、最後のパラメーター「ウエハー温度」は、基板チャック温度の関数である。これは、説明されるであろうように、ウエハーは処理中の大部分の時間、基板チャックと接触しているためである。このため、ウエハー温度は典型的にはウエハー間では大きな変化がなく、処理レシピに対しては単に参考として提供されることがある。

【0086】

ステップ301はウエハーを受け入れるように準備し、外部のウエハー提供機構(例えば、後で詳細に説明される中央ウエハーハンドラーのロボットアーム134)に、CVD装置10がウエハー受入れ体制にあることを信号する。次いで、ステップ302がプロセス室70内へのウエハーの運動と基板チャック74におけるウエハーの配置とを整合させる。

【0087】

図12aないし12dは、プロセス室70内へのウエハーの運動(ステップ302)を整合させる過程を概念的に示す。これらの図の各は、プロセス室70の区域とロボットアーム134との上方及び側面からの斜視図を含む。図12aにおいて、基板チャック74はピン74a-cを有し、CVD処理以前は、基板又はウエハー88はこの上に置かれる。ウエハー88は、プロセス室70に入る前は、プロセス室70の外側でロボットアーム134のエンドエフェクターの上にある。図12bに示されるように、ロボットアームが伸びてプロセス室70内に入り、ロボットアーム134の端部に担持されたウエハー88は基板チャック74と基板チャックピン74a-cの上方に通過し、ウエハーの受入れ中は使用さ

【0091】

図7の制御構成に示されたセンサーモジュール227は、図1A及び1Bに示されたようなウエハーサブシステム19からプロセスモジュール制御器205へのフィードバックを制御し提供するために使用される。ウエハーサブシステム19のウエハー感知装置87は、例えば、CVD処理中にウエハー88上に蒸着されている材料の層の厚さを測定できるレーザー測定システムを備えることができる。この層の厚さの情報はセンサーモジュール227により監視することができる。例えば銅の100オングストロームを検出する仕事が完了したとき、センサーモジュール227は、プロセスモジュール制御器205に対して、その仕事が完了したことを示すことができる。CVDの進行の感知に使用し得る別のウエハー感知装置は、ウエハー表面の反射を検出し得る反射センサーを含むことができる。ウエハー上に多くの材料が蒸着されると、表面の反射が増加し又は低下して蒸着の進行を示す。別の感知装置は、これをウエハー表面の組成の測定に使用されるX線回折システムとし、蒸着の進行を示すことができる。仕事に応じて、レシピステップの完了を検出し示すためにセンサーサブシステム19内でその他の通常のリアルタイム測定及び感知用のハードウェアを使用できることが、本技術熟練者は容易に理解されるであろう。

【0092】

レシピが完了した後、ウエハー88は、プロセス室70内で蒸気及びガスにより処理済みである。次いで、図8のステップ304がウエハーを取り出す。これは図12aないし12dに示されたものと逆の過程である。ロボットアーム134が戻り、そして基板チャックピン74a-cからウエハー88を取り上げ、ウエハー88をプロセス室70の外に運び出す。次いで、ステップ305がCVD装置10の清掃を行う。これは後でより詳細に説明されるであろう。

【0093】

図10は、図8に関して説明されたように実行された主制御処理ステップ中に連続的に行われる蒸発器サブプロセスの諸ステップを示す。蒸発器サブプロセスステップ330ないし334は、一般に貯蔵器20内の前駆物質の蒸発及びプロセス室70への入口ポート76における圧力の維持を制御する。蒸発器サブプロ

セスは、準備モード中のウエハー処理間における蒸発器28の清掃にも応答可能である。

【0088】

図8に示された主処理ルーチンに戻ると、次いでステップ303が、CVD装置10内にプログラムされていた現行の処理レシピを走らせる。レシピ(即ち、パラメーター)はウエハー間で変えることができるが、ステップ303においてレシピが開始されたら、現在のウエハー88に対しては処理のために予めロードされたパラメーターが使用される。図9a、9b、10及び11において説明されたように、ステップ303におけるレシピの実行は、温度制御(ステップ303a)、圧力制御(ステップ303b)及び流量制御(ステップ303c)の諸態様を含む。図9a、9b、10及び11のサブプロセスは、本発明のこれらの態様の作動についての詳細を提供する。

【0089】

本発明の一実施例においては、プロセスモジュール制御器205にロードされたレシピは、例えば「ステップ持続時間」パラメーターに従ってウエハーの種々の処理段階を支配する。即ち、この実施例は、例えばウエハー上に特定の蒸気で蒸着する継続時間を決めるパラメーターにより設定されたタイマーによって支配される。

【0090】

別の実施例においては、センサーサブシステム19(図1B)を、ウエハー自体における蒸着機能の計算、測定又は決定に使用することができる。この情報は、レシピの次のステップが実行されるべきかを決定するために使用できる。例えば、レシピのあるステップが、銅の蒸気を使って基板上に銅を100オングストローム蒸着させることを要求した場合は、センサーサブシステムは、蒸着機能を監視することにより、これが完了した時を示すことができる。そこで、この実施例のレシピのステップは、タイマーにより駆動されるのではなく、処理ステップが実際に物理的に完了したときに駆動される。

セスは、準備モード中のウエハー処理間における蒸発器28の清掃にも応答可能である。

【0094】

図9aに示された蒸発器サブプロセスは、レシピのプログラミング中にメモリ内にロードされた「蒸発器温度」パラメーターにより基本的に駆動される。この変数が、「ウエハーチャック温度」設定により設定される)チャック74と(「漏斗温度」設定により設定される)漏斗温度を除いたその他の温度管理される面の全ての温度設定を駆動する。蒸発器圧力は、前述のようにシステム全体に置かれた容量形圧力計34、48、50、51及び53を作動させ監視する圧力制御モジュール215に大きく関係する。

【0095】

ステップ330において、圧力センサー34における圧力は、圧力センサー48における圧力より大きくなければならない。ステップ331において、圧力センサー48における圧力は、圧力センサー50における圧力より大きくなければならない。ステップ332において、圧力センサー50における圧力は、圧力センサー51における圧力より大きくなければならない。そして最後に、ステップ333において、圧力センサー51における圧力は、この実施例においては、圧力センサー53において測定された圧力より約1.5倍(又はこれ以上)大きくなければならない。これらステップ330ないし333のどれかが不調になった場合は、ステップ334により蒸発サブシステム12にフィードバックが戻され、この点において、圧力センサー51と53との間の圧力差により測定されたウエハーにおける最適圧力を維持するように、種々のサブシステム中の適切なモジュールが調整される。

【0096】

レシピのパラメーター「プロセス圧力」は、ウエハー88においてシステムが維持すべき圧力であるため、「目標圧力」として引用され、そして蒸発器サブシステム(図10)、蒸気相の流量制御サブシステム(図10)及びプロセス室圧力制御サブプロセス(図11)の間の整合により達成される。

【0097】

従って、上述のように、ウエハーの処理中は、貯蔵器20は少量の前駆物質を加熱された蒸発器28に蒸発させる。蒸発器28の逆円錐形構造を有しそして流れ落ちる各少量の前駆物質は薄膜を形成し、蒸発中のある期間に円錐上に留まる。この蒸発が生じたとき、容量形圧力計34により圧力の上向きの傾斜が測定される。圧力センサー34により測定される蒸気圧力の上限は、蒸発器28（及びシステムのその他にも）並びに前駆物質として使用される材料の温度の関数である。そこで、高すぎる温度は前駆物質がウエハー88と接触するより前に前駆物質の早すぎる化学分解を発生させ、低すぎる温度は低い蒸気圧力、少ない流量、及び低いプロセス圧力をもたらし、化学蒸着速度を低下させる。

【0098】

図9a及び9bの蒸発器サブプロセスは、処理状態又は待機状態のいずれにもある。ウエハーを受け入れた後、図9aに関して上に説明されたような処理状態が使用される。待機状態は清掃過程を支配しつつ図9bに示され、そして図1Aないし1Dに関連して説明されるであろう。

【0099】

ステップ340において、蒸発器サブプロセスの清掃中、蒸発室26内に前駆物質は導入されない。ステップ341において、遮断弁42が蒸発サブシステム12全体を他のサブシステムから隔離する。次いで、ステップ342が、弁160を完全に開く。次にステップ343において、弁161と162及び流量制御器165から提供されたアルゴンガスが、圧力センサー34において約67.98 g/cm²（50トル）の圧力が測定されるまで、蒸発室26内に導入される。次いで、ステップ343が、弁170を開き弁161と162を閉じ、更にアルゴンガスを吸い出すように排気サブシステム118を作動させることにより蒸発室26内の圧力を抜く。次いで、ステップ344が真空度を検出する。次に、ステップ345がステップ343と344とをN回繰り返す。ここに、Nは例えば1、2又はそれ以上である。この繰返し数Nは、使用される物質の性質の応じて変えることができる。次いで、ステップ346が蒸発室26内の圧力を抜き、そしてウエハー処理を開始させるために蒸発サブプロセスが作動に進むように指令されるまで、ステップ347が蒸発室26の全容積を真空中に維持する。

らば、ステップ365がこれを検出し他の2個のサブプロセスに設定を適切に変更することにより希望流量を達成するように信号する。

【0103】

図10における蒸気相の流量制御器サブシステムも、ステップ366を介して酸化反応物質の流量を設定するモジュールを制御するために応答可能である。即ち、蒸発室26からの蒸気の流量制御中に、例えば、前駆物質蒸気と共に弁168及び169からの窒素酸化物を反応ガスとしてプロセス室内に提供できる。ステップ366は、レシピにより提供された「反応物質流量」パラメーターによりいかなる反応物質ガスの流量を決定する。典型的には、反応物質流量は、蒸発室26からの蒸気の流量に対する比率として表される。

【0104】

例えば、典型的に設定し得る目標圧力は1.5ないし2.0:1である。（上に説明されたように）蒸気の流量は幾分か変動し得るため、1個の又は複数個の流量制御器165、166又は167からの反応物質の流量も前駆物質蒸気の流量に関して変えねばならない。図示の実施例においては、システムは、変動が目標の圧力又は流量の±10%台であるようによく減衰されること及び例えば異なる供給者から受け入れられ使用される前駆物質の量の変動に依存することに注意されたい。即ち、1パッチ内の前駆物質では振動的な揺れは指摘されなかったが、化学薬品のロットに基づく微細な変化が観察された。図10のサブプロセスがこれら変化を無くすことを支援する。

【0105】

蒸気相の流量制御サブプロセスは、独立型のステップ367において示されるような待機状態にある場合は、圧力センサー48と圧力センサー50との間の生じ得る何らかの出力のずれを独立してチェックし、このずれを、作動モード間の続く計算中における圧力センサーの出力の調整に使用できる。ステップ367は、圧力センサー34、51及び53に対する待機状態におけるセンサー48と50の圧力測定値のクロスチェックもできる。

【0106】

図11はプロセス室圧力制御サブプロセスと呼ばれる第3のサブプロセスを示

【0100】

第2のサブプロセスは蒸気相の流量制御器サブプロセスであり、図11に処理ステップによって示される。ウエハーの処理中、このサブプロセスは、ウエハー処理中に上述のようにシステム内の種々の重要な点において生ずる圧力変動を考慮し、ガス流量制御サブシステムがプロセス室70に至る蒸気の安定して流量を維持することを確実化する。このサブシステムの主な目的は、ウエハー88への蒸気の目標流量及び総流量を維持することである。圧力がウエハーへの入口において1.406 k g/cm²（20 p s i）又はそれ以上でありかつウエハーにおいて、又はその下方において真空中に流れる伝統的な流量制御器とは異なり、本発明は、上流部分78における蒸気の流量を制御するためにこのサブプロセスを使用する。この場合、この圧力はわずか1.36から6.36 g/cm²（1から5トル）であり、また「プロセス圧力」は約1.09から1.36 k g/cm²（800から1000ミリトル）を目標とする。

【0101】

これを達成するために、このサブシステムは、適切な流量及び圧力センサー34から圧力センサー48までで測定された目標圧力低下を維持するために比例制御弁44（図1Aにおける44'、図1Cにおける44）を使用する。図10のステップ360は、この圧力差を監視する。次いで、ステップ361が適切な流量制御が機能しているか否かを判定する。そうである場合は、ステップ362が実行されウエハーに供給されている蒸気の希望流量（"Q"）を計算し、正常に設定されたプロセス時間中に通過した目標圧力からの変動を補償するためにステップ363においてプロセス時間システムの変数を調整する。即ち、ステップ363がシステム圧力決定間のチェック時間を長くし又は短縮し、このため、圧力は、蒸気流のために使用されている前駆物質材料に基づいて決められた正確な時間を持つであろう。

【0102】

ステップ361において適切な流量制御が使用されていない場合は、ステップ364が比例制御弁44（図1Aにおける44'、図1Cにおける44）を横切る圧力が目標流量に達成するに不十分であるか否かを判定し、もしそうであるな

し、これはウエハー88における圧力の維持と組み合わせられる。ステップ380において、シャワーヘッド72の下方のウエハーにおけるプロセス室70内の圧力が容量形圧力計53により測定される。次いで、ステップ381が、圧力をパラメーター「プロセス圧力」により定められたように維持するためにステップ380において測定された圧力を上昇させ又は低下させるように絞り弁58を操作する。

【0107】

図13は、連続して走っている清掃サブプロセスにおいてなされる処理ステップを示す。ウエハー接近の信号のないCVD装置の始動時には、清掃サブプロセスはデフォルトプロセスである。清掃サブプロセスは、ステップ390において、電力のサージの場合に、機械式の回路遮断器に電気的なシステム構成要素を絶縁させることができる。ステップ391は全ての加熱区域をシステム設定温度に維持する。貯蔵器20と漏斗22の温度及びウエハーチャック74の温度を除いて全ての加熱区域に対して温度設定点としてパラメーター「蒸発器温度」が使用される。このステップは、加熱用ワイヤーの破損又は短絡も検出できる。ステップ392は真空ポンプ試験によりプロセスモジュールに対する適切な空間のあることを確保する。ステップ393はCVD装置10を囲んでいるドア及びハウジングカバーの状態を監視する。ステップ394と395とは、システム電力及び圧力を監視し、正常運転状態外への逸脱を防止する。ステップ396は計器の状態を追跡し計器の問題点を検出できかつシステム内の諸計器をクロス校正できる。ステップ397は流量制御器165、166及び167を設定し校正する。ステップ398はシステム内の圧力センサーをクロス校正し、そしてステップ399はシステムパラメーターをデフォルト値に初期化する。

【0108】

図14は、本発明のCVD装置の構成を図式的に示し、前述の図8ないし13のサブプロセス600ないし604の各が開ループで示される。プロセスモジュール制御器205はデータ母線605を介してシステムのその他のハードウェア構成要素とインターフェースし、この母線は構成要素への直列のアナログ及びデジタルの指令を送る。制御モジュール210ないし227の各はデータ母線60

5とインターフェースして、プロセスモジュール制御器205と通信し、更に適切な関係がある場合は互いに通信する。プロセスモジュール制御器205は、プロフィバス・データ母線607と接続され、これを介してクラスターツール制御器、輸送モジュール制御器、又はその他のプロフィバスモジュール制御器のいずれかとの決定的な通信を提供する。図14に示されない、より高いレベルの通信においては、通信は、一般に非決定的なイーサネットを介して行われる。

【0109】

蒸発器ループ600においては、圧力制御モジュール215は、上の説明に従って容量圧力計34、48、50、51及び53からの圧力を監視し、更にシステムの運転に適正な蒸気を提供するために、蒸発器加熱部材29を制御する温度制御モジュール210にデータを提供する。圧力制御モジュール215と温度制御モジュール210との間をインターフェースする(606)のために、閉ループ適応関係の例がある。これは、温度が圧力制御モジュール215からのフィードバックに基づいて制御されるためである。

【0110】

システムにおける蒸気の適切な流量を維持するために応答し得る流量制御ループ601において、圧力制御モジュール215は、流量制御モジュール220にフィードバックデータを提供するために、圧力センサー34、48及び50の各からの圧力を監視する。この流量制御モジュールは、適切な流量で蒸気及び反応物質ガスを提供するために、比例制御弁44、並びに弁161なしし164、168、169及び170を作動させる。

【0111】

プロセス室圧力制御ループ602はプロセス室70内の圧力センサー51及び53における圧力を検出するために、圧力制御モジュール215を使用する。この圧力情報が流量制御モジュール220により作動される絞り弁83と圧力センサーとの間の適応関係に使用される。この閉ループ602は、連続流量を維持するための絞り弁83の使用により、ウエハー処理中、プロセス室内の圧力が正確であることを確保する。

【0112】

モジュール制御器205において実行している中間プロセスモジュール制御器ルーチン、及びクラスターツール制御器120において実行している主クラスターツール制御器ルーチンが、CVD処理の別の態様のために使用されるプログラム又はプロセスにおける悪影響の少ない又は無いレベルでのプロセスコードへの変更を許す。更に、CVD処理の一態様、例えば流量制御ループにおいてなされた他のループのプロセスに影響を生ずる可能性のあるいかなる変更も、制御モジュール間の適応関係と情報のフィードバックとのために適切に考慮されるであろう。この階層は、容易なコードの維持、及び他の領域を再ツール又は再コードする必要なしにCVD処理の一領域に特徴を加え得る構成された環境を許す。

【0116】

一実施例においては、CVD装置10は1個のウエハー上に複数の先端の薄膜を蒸着させるために使用される。この実施例は低圧0.00136から13.595g/cm²(0.001から10.0トル)で作動するように設計され、かつ0.25ミクロン又はこれ以下の形態を有する薄膜の蒸着を目標とする。温度及び流量の制御用構成要素においてのみ変更のある同じ実施例が、費用及び保守の要求を限定するために複数の異なるプロセスに使用されるであろう。

【0117】

このシステムにより蒸着し得る薄膜は、限定するものではないが以下を含む。ジメチルアルミニウムヒドロキシド(DMAH)からのアルミニウム、CuI(hfac)(tmvs, tevs, teovs)前駆物質の一つからの銅、TaBr₅のような固体前駆物質からの酸化タンタル、テトラキシジエチルアミドチタニウム(TDEAT)、テトラキシジメチルアミドチタニウム(TDMAT)又はTiBr₄のような液体前駆物質からの酸化チタン、及びタンタルペンタエトキシド(TAETO)とオゾン又はN₂O。のいずれかからの酸化タンタル。

【0118】

本発明により行われるプロセスの例として、酸化タンタル薄膜が、前駆物質として液体TAETO及びオキシダントとして気体N₂Oを使用してウエハー上に蒸着される。システム内の定位置にあり又は充填のために一時的に取り出された

エレベーター制御ループ603は、エレベーター制御モジュール225により運転されるエレベーター96と、ウエハー上にどのくらいの材料が蒸着したかを検出するセンサー装置87を使用するセンサー制御モジュール227との間の適応関係を示す。レシピがセンサー制御を探るときに使用されるこの閉ループにおいて、ウエハー上に十分な材料があることをセンサー装置83が検出したときにエレベーター96が下げられる。こうして、エレベーター制御モジュール225とセンサー制御モジュール227との間に直接通信が提供される。

【0113】

エレベーター制御ループ603もセンサーループ604と関連し、センサー装置96がウエハー上の十分な蒸着を検出すると、排気ポンプを全出力にさせるために、センサー制御モジュール227が流量制御モジュール220に絞り弁83を作動させるように通知する。これが、蒸着過程を直ちに停止させるようにプロセス室70の残留蒸気を空にする。こうしてセンサーループ604適応ループの別の例であるが、蒸着の完了時にセンサー装置96が絞り弁83を開かせるので、一方トリガーと同様に作動する。

【0114】

上述のループ600ないし604の各において、プロセス制御モジュール205は、単に制御モジュール210ないし227の各に適切な仕事を提供できるだけである。制御モジュールは当てられたそれ自体の仕事を実行するであろう。上に説明されたような適応関係を許すことにより、閉ループが形成される。CVD装置を効果的に作動させるために必要な基本的な底層のサブプロセスについて形成される。プロセスモジュール制御器205は、各制御モジュールから提供される状態データを介して各閉ループの進行を監視する。そこで、プロセスモジュール制御器205は、処理が生じている間に特定のCVD処理をいかに進行させるかを完全に知っている。この方法で、プロセスモジュール制御器205は、クラスターツール制御器207内で生じている主プロセスのような更に高レベルのプロセスに伝えることができる。

【0115】

低次の閉ループ及び制御モジュールにより形成された「処理階層」、プロセス

貯蔵器20がTAETOで満たされる。TAETOは、貯蔵器20内にある間は、その融点以上であるが分解点より下の温度で貯蔵される。この実施例においては、TAETOは室温付近で貯蔵される。TAETOは、貯蔵器20から、プロセス室70に送る作動し得る蒸気圧力を作るに丁度十分な量で、軸方向に移動するバルブ弁を通過して蒸発器28に輸送される。蒸発器28の温度は、一実施例においては、TAETOが蒸発器28の面を横切って流れたときTAETOが熱分解を起こすことなく蒸発するように180℃に厳しく制御される。

【0119】

蒸発室26において作られたTAETOの蒸気圧力は蒸発室28の温度の関数である。特にTAETOについては、蒸気圧力の対数を次式により計算することができる。

【0120】

$$\log P = 11.693 - (4987.12/T)$$

ここにPは圧力、11.693は蒸発の推定係数、そしてTは絶対温度である。TAETOの蒸気圧力は100℃から220℃の温度範囲で表1に与えられる。

表1

Log.P	T (°K)	T (°C)	係数	P (トル)
-1.71324	372	100	11.693	0.0194
-1.67729	373	101	11.693	0.0210
-1.64155	374	102	11.693	0.0228
-1.60580	375	103	11.693	0.0248
-1.57052	376	104	11.693	0.0269
-1.53644	377	105	11.693	0.0291
-1.50044	378	106	11.693	0.0316
-1.48563	379	107	11.693	0.0342
-1.46100	380	108	11.693	0.0371
-1.39655	381	109	11.693	0.0401
-1.36229	382	110	11.693	0.0434
-1.32820	383	111	11.693	0.0470

-1.29429	384	112	11.693	0.0508
-1.26058	385	113	11.693	0.0549
-1.22700	386	114	11.693	0.0593
-1.19381	387	115	11.693	0.0640
-1.16040	388	116	11.693	0.0691
-1.12738	389	117	11.693	0.0746
-1.09449	390	118	11.693	0.0804
-1.06178	391	119	11.693	0.0867
-1.02924	392	120	11.693	0.0935
-0.99887	393	121	11.693	0.1007
-0.96466	394	122	11.693	0.1086
-0.93262	395	123	11.693	0.1168
-0.90074	396	124	11.693	0.1257
-0.86902	397	125	11.693	0.1352
-0.83745	398	126	11.693	0.1454
-0.80605	399	127	11.693	0.1563
-0.77480	400	128	11.693	0.1680
-0.74371	401	129	11.693	0.1804
-0.71277	402	130	11.693	0.1937
-0.68199	403	131	11.693	0.2080
-0.65136	404	132	11.693	0.2232
-0.62088	405	133	11.693	0.2394
-0.59055	406	134	11.693	0.2567
-0.56037	407	135	11.693	0.2752
-0.53023	408	136	11.693	0.2948
-0.50045	409	137	11.693	0.3159
-0.47071	410	138	11.693	0.3383
-0.44111	411	139	11.693	0.3621
-0.41168	412	140	11.693	0.3876

0.40992	442	170	11.693	2.5699
0.43539	443	171	11.693	2.7252
0.46075	444	172	11.693	2.8880
0.48599	445	173	11.693	3.0819
0.51112	446	174	11.693	3.2443
0.53613	447	175	11.693	3.4368
0.56104	448	176	11.693	3.6394
0.58583	449	177	11.693	3.8533
0.61051	450	178	11.693	4.0785
0.63508	451	179	11.693	4.3160
0.65955	452	180	11.693	4.5661
0.68391	453	181	11.693	4.8295
0.70815	454	182	11.693	5.1069
0.73230	455	183	11.693	5.3988
0.75633	456	184	11.693	5.7080
0.78025	457	185	11.693	6.0293
0.80409	458	186	11.693	6.3698
0.82781	459	187	11.693	6.7259
0.85134	460	188	11.693	7.1029
0.87495	461	189	11.693	7.4981
0.89837	462	190	11.693	7.9135
0.92168	463	191	11.693	8.3499
0.94490	464	192	11.693	8.8084
0.96801	465	193	11.693	9.2899
0.99103	466	194	11.693	9.7955
1.01394	467	195	11.693	10.3262
1.03676	468	196	11.693	10.8833
1.05948	469	197	11.693	11.4679
1.08211	470	198	11.693	12.0811

-0.38235	413	141	11.693	0.4148
-0.35318	414	142	11.693	0.4434
-0.32416	415	143	11.693	0.4741
-0.29527	416	144	11.693	0.5087
-0.26852	417	145	11.693	0.5414
-0.23791	418	146	11.693	0.5782
-0.20943	419	147	11.693	0.6174
-0.18110	420	148	11.693	0.5590
-0.15289	421	149	11.693	0.7032
-0.12482	422	150	11.693	0.7502
-0.09688	423	151	11.693	0.8001
-0.06908	424	152	11.693	0.8530
-0.04140	426	153	11.693	0.9091
-0.01385	428	154	11.693	0.9688
0.01356	427	155	11.693	1.0317
0.04085	428	156	11.693	1.0986
0.06007	429	157	11.693	1.1085
0.09505	430	153	11.693	1.2446
0.12188	431	159	11.693	1.3242
0.14874	432	160	11.693	1.4084
0.17540	433	161	11.693	1.4976
0.20194	434	162	11.693	1.5920
0.22853	435	163	11.693	1.6918
0.25466	436	164	11.693	1.7974
0.28083	437	165	11.693	1.9091
0.30888	438	166	11.693	2.0271
0.33292	439	167	11.693	2.1619
0.35864	440	168	11.693	2.2837
0.38434	441	169	11.693	2.4229

1.10463	471	199	11.693	12.7243
1.12707	472	200	11.693	13.3989
1.14841	473	201	11.693	14.1061
1.17165	474	202	11.693	14.8474
1.19380	475	203	11.693	15.6243
1.21586	476	204	11.693	16.4383
1.23782	477	205	11.693	17.2911
1.25989	478	206	11.693	18.1842
1.28148	479	207	11.693	19.1195
1.30317	480	208	11.693	20.0988
1.32477	481	209	11.693	21.1236
1.34623	482	210	11.693	22.1962
1.36770	483	211	11.693	23.3185
1.38903	484	212	11.693	24.4925
1.41028	485	213	11.693	25.7204
1.43144	486	214	11.693	27.0045
1.45251	487	215	11.693	28.3470
1.47348	488	216	11.693	29.7503
1.49439	489	217	11.693	31.2170
1.51520	490	218	11.693	32.7495
1.53593	491	219	11.693	34.3506
1.55656	492	220	11.693	38.0228

温度180℃における蒸発器28により、TAETOの顕著な分解なしに蒸気
 室26において圧力6.213g/cm²(4.57トル)が作られた。輸送導
 管24の入口におけるこの圧力により、プロセス室70は、1.088から1.
 224g/cm²(800から900ミリトル)に保たれる。この圧力差のため
 、約1.0cm³のTAETO蒸気が1.5cm³のN₂Oと共に、約385℃に
 加熱されたウエハーに輸送される。この条件下で、酸化タンタル薄膜は毎分約7
 5から80オングストロームの速度で成長するであろう。ウエハーは、予熱モジ

ジュール又はあまり望ましくないがプロセス室70のいずれかでほぼ蒸着温度又はこれ以上に予熱される。ウエハーと基板チャック74との間の直接的熱的結合はごく僅かである。熱は、主に、基板チャック74とウエハーの下側との間を流れているヘリウムガスによりウエハーと基板チャック74との間で伝達される。

【0121】

一実施例においては、ウエハーに酸化タンタルの核を付けるために反応物質の還元流で10秒間プロセスを走らせることにより、目標薄膜厚さ100オングストロームが達せられる。次いで、希望の薄膜厚さを達設するために全流量でプロセスを75秒間走らせる。

【0122】

蒸着速度は、これを減らし又は僅かに上げることができる。蒸着速度の増加は、蒸発器28の温度の上昇を必要とする。しかし、蒸発器28の温度は、TAEETOの劣化のために蒸着された薄膜の品質を低下させるであるという危険があるため、TAEETOについては一般に190℃を限度とすべきである。

【0123】

蒸発器28の温度が170℃に低下した場合は、正味の効果としてTAEETO蒸着速度が低下するであろう。ガス流量制御サブシステム14への入口において利用し得る最高圧力は約3.494 g/cm² (2.57トル)に低下するであろう。この低下は可能流量をほぼ半減させ、約0.611 g/cm² (450ミリトル)のプロセス圧力をもたらすであろう。この低下したプロセス圧力は毎分約22-25オングストロームの蒸着速度を生むであろう。

【0124】

TAEETOが蒸発すると、これは主シリンダー30及び蒸発室26の蒸気出口32内で膨張する。TAEETOの凝結を防ぐために、蒸発室26及び輸送導管40内の弁及び圧力センサーを含んだ全ての構成要素は蒸発器28の温度に維持される。輸送導管40を通りプロセス室70内に入る蒸気の流れのため、蒸発室26内の圧力は下げられ、蒸発室26内の圧力は、貯蔵器20から加熱された蒸発器28に更にTAEETOを分配することにより再確立される。蒸発サブシステム12が蒸発室26におけるTAEETOの加圧供給を維持するように連続して運転

【0130】

半導体プロセス用のクラスターツール120が図15に示される。図示されたクラスターツール120は、輸送モジュール122のまわに組み合わせられかつ中央制御システムとインターフェース接続された複数のプロセスモジュールを備える。或いは、クラスターツール120は、輸送モジュール122に関してプロセスモジュールが放射状に配列されるのではなく、直線型配置とすることができる。これらプロセスモジュールの1個又は複数個は、本発明のCVD装置を備える。クラスターツール120は、本発明のCVD装置10に加えて、入口ロードロック126、出口ロードロック128、予熱モジュール130、冷却モジュール132、及び輸送モジュール122を備える。図示の実施例においては、生産量を強化するために並列で運転できる3個のCVD装置10が設けられる。或いは、別のプロセスモジュールの変更例、例えば腐食モジュールと組み合わせたCVD装置を設けることができる。これらモジュールは直列又は並列で逐次運転させることができる。クラスターツール120は、MES C、セミコンダクターエグイップメントアンドマテリアルズインターナショナル(SEMI)、半導体工業のサプライヤーの商業組織により公認された標準デザイン方式に従って設計される。従って、異なる蒸着及び腐食プロセスのためのプロセスモジュールのような別の標準による構成要素の変更例を、希望のように容易にクラスターツール120内に一体化することができる。

【0131】

クラスターツール120の各プロセスモジュールは、一般に一度に1個のウエハーを処理するように設計される。典型的な生産装置は、ツール120について1時間当たり60個のウエハーを処理する。この速度は、輸送モジュール122を囲んでグループ化された分離型プロセスモジュールにおいて異なるプロセス段階を実行することにより達成される。図15に示されたツール120は300mm酸化タンタル処理システム用に設計され、これは、典型的に3個の酸化タンタルCVD装置10に連結された8側面型の輸送モジュール122を使用する。選択的にツールは、急速焼鈍し(RTA)モジュールを受け入れることもできる。別の実施例においては、クラスターツール120内に確立された真空からウエハー

できるが、プロセス室70に要求の信号があるまでは室26内の低い蒸気圧力を維持することが好ましい。要求の信号がないときは、蒸発室26はTAEETOが追い出され空にされるであろう。

【0125】

前駆物質(この場合はTAEETO)の熱に対する感受性を受け入れるためにこの周期的なプロセスが確立される。前駆物質は、ある時間、高温に保たれた場合はプロセス室70内に送るより前に分解するであろう。

【0126】

更に、前駆物質の注意深い選択により、本発明の装置及び方法は、ウエハーを動かすことなく同じ室において異なるが相補的な材料の逐次蒸着を許す。その結果として、ウエハーの移動及びポンプ停止、排出、大気圧までの通気という付随したサイクル、及びウエハーの加熱なしに複数の蒸着ステップを行うことができる。

【0127】

同じであると確認された相補的なプロセスには次が含まれる。TiBr₄又はTDEAT及びアンモニアからの窒化チタン(TiN)とこれに続くDMAHからのアルミニウム; TaBr₅及びアンモニアからの窒化タンタル(TaN)とこれに続くCu(hfac)(tmvs)からの銅;並びにTiBr₄又はTDEAT及びアンモニアからの窒化チタン(TiN)とこれに続くDMAHからのアルミニウムと更にこれに続くCu(hfac)(tmvs)からの0.5原子%の銅。

【0128】

CVD装置10は、バリウムチタネート、バリウムストロンチウムチタネート、ストロンチウムビスマスタチタネート及びその他同様な蒸着物質の蒸着にも適している。

【0129】

本発明の装置及び方法、及び上述された諸プロセスの多くは、半導体処理手順に特に関係する。より特別には、本発明の装置及び方法は、ウエハーにおける先進的な誘電体の蒸着及び金属の相互連結によく適している。

を取り出すことなく、ウエハーを、一連の処理段階のためにツール120間を逐次通過させるように複数のクラスターツール120が一括にインターフェースで接続される。

【0132】

クラスターツール120の運転は、ウエハーが入口ロードロック126の入力カセット136内に装填されることにより開始される。輸送モジュール122のロボットアーム134(ブルックスオートメーションより入手可能)が入力カセット136から一度に1個のウエハーを取り出し、各ウエハーを整列ステーション138に動かす。整列ステーション138において、異なる処理より前に各ウエハーの標準ノッチが正確に揃えられ、プロセスモジュール内でのウエハーの向きの影響を無くして処理の均一性を支援する。整列されると、ロボットアーム134がウエハーを予熱モジュール130に動かし、ここでウエハーは300-500℃に加熱される間、約30秒留まる。CVD装置10が使用可能になると、ウエハーは、酸化タンタルの蒸着のためにCVD装置10のプロセス室に動かされる。蒸着は約120秒間にわたって生ずる。蒸着後、ウエハーは冷却モジュール132に動かされ、ウエハーはここに30秒間留まり、出口ロードロック128の出力カセット140内にこれを置くに十分に冷却される。

【0133】

ウエハー上の酸化タンタル蒸着についての処理時間は、予熱されたウエハー上の厚さ0.01ミクロンの薄膜について120秒台である。入力カセット136から整列ステーション138へ、CVD装置10へ、そして出口カセット140に戻るウエハーの運動は、別に約10秒かかるであろう。3個の酸化タンタルCVD装置10を有するクラスターツール120の生産速度は、最初と最後の生産速度の変動する時間を除いて45秒毎にウエハー1個である。この構成のツールは、毎時75個のウエハーまで処理できる。

【0134】

本文においては、ウエハー上に集積回路を形成するために蒸着プロセスが使用される。集積回路は、単に、金属線により一体に接続された多数のトランジスタ、抵抗器、及び容量である。一般的な目標は構成要素を可能な最大の大きさに

最小化することである。

【0135】

図16は、本発明の一構成を示し、これにおいては、多くのクラスターツール120a及び120bが互いに関連してウエハーを処理するように配列される。ウエハー受渡し機構701は、ウエハーを、クラスターツール制御器120aの輸送モジュール122aから第2の全クラスターツール制御器120bに通過させることができる。ウエハー受渡し機構701は、例えば、ウエハー88をロボットアーム134aから輸送モジュール122bの第二のロボットアーム134bに輸送するコンベヤー装置とすることができる。或いは、ウエハー受渡し機構701は、個別ウエハー88をロボットアーム134aからロボットアーム134bに物理的に通過させることにより仕事を完了する。

【0136】

図16のCVD装置10a-cは、これらをウエハーの脱つかの処理のために使うことができ、そして完了したときは、ウエハーは、ウエハー受渡し機構701により、第2の種類の処理のために第2の構成のCVD装置10d-f及び第2の輸送モジュール122bに輸送することができる。図16の構成によるウエハーの全処理中、ウエハーは真空中に維持されかつ比較的一定の温度に維持される。クラスターツール120a及び120bは、完全に閉鎖されたシステムであり、ウエハーは、処理中、汚染物質及び外部大気への暴露が減らされる。

【0137】

図16に示された大量のウエハーの処理は、ここでは、工場自動ウエハー処理システムと呼ばれる。本発明の工場自動処理の一態様によれば、CVD装置10a-f、輸送モジュール122aと122b、及びクラスターツール120aと120bは、全てが1個の工場自動制御器702により制御され、この制御器はウエハー処理の最初から最後まで全てのスケジュール化を扱う。工場自動制御器702は、各クラスターツール120a及び120bの運転を支配する中央主プロセスユニットを備える。データ母線703が、各CVD装置10a-fと工場自動制御器702とを互いに接続する。

【0138】

【0143】

ウエハーが正確に向けられると、オプションステップであるステップ712において、ウエハーは予熱モジュール130において予熱される。ウエハーの加熱が、ウエハーを、ウエハーを受け入れるであろう第1のCVD装置10の運転温度又は基板チャック温度まで又はこれに近い温度にする。次に、ロボットアーム134が、ステップ713において、上述のようにステップ714においてウエハーを処理するために、運転中のクラスターツール制御器120aのCVD装置10a-cの一つの中に置く。図16には3個のCVD装置9aないし10cが示されているが、本発明は3個には限定されず、1個のロボットアーム134がアクセスし得るのかかるシステムを全部で1個、2個、3個又はこれ以上とすることができる。CVD装置9aにおいてステップ714でウエハーがCVD処理を完了した後、ステップ715において、ロボットアームがウエハーを引き出す。次に、ウエハーは次のCVD装置に動かされ（即ち、ステップ713に戻り）、又は冷却モジュール132により冷却されて出力カセット140を介してクラスターツール12aから出ることにより処理を終了し（ステップ716）、或いはウエハーはウエハー受渡し機構701を介して別のクラスターツール120bに通過させられる（ステップ717）。一般に、ウエハー処理は、クラスターツール120aの運転を制御するクラスターツール制御器705aにおいて実行しているウエハー処理プログラムにより指令されるように、加熱、CVD処理及び冷却の正しい連鎖が実行され終わるまで繰り返す。

【0144】

半導体処理の新たな世代は、最小の可能な特徴物を創るために最新の技術と装置とを使ってこの構造を建設することを計る。このため、トランジスター、配線類、容量及び抵抗器がウエハー面においてできるだけ小さな空間を占め、費用を限定しつつより多くのウエハー当たりデバイスを提供することが意図された。特徴物の寸法が小さくなると、細い電線の適正な導電性及び小面積の容量の容量値を維持するために新たな材料が要求されることが多い。

【0145】

本発明の装置は、金属の薄膜、これら金属のためのライナーとして使用される

図17は、工場自動CVD処理システムのための別の構成を示す。図17においては、各クラスターツール120a及び120bの個々の構成要素（即ち、CVD装置10、予熱モジュール130、冷却モジュール132、輸送モジュール122）が、分離したクラスターツール制御器705a及び705bにより制御される。工場自動制御器702はクラスターツール制御器705aと705bの各を制御し、更にウエハー受渡し機構701を制御できる。

【0139】

更に別の実施例においては、クラスターツール制御器の一方、例えば120aが他方のクラスターツール120bに、そのウエハー処理が完了したこと及びウエハーはウエハー受渡し機構701によりルート上にあり、ロボットアーム134bにより受け取られるべきことを信号することができる。

【0140】

これら構成の各は例示のみの方法で示され、本発明は図16及び17に示された工場自動構成における2個のクラスターツールのみには限定されない。各が1個又は複数個の主工場自動制御器により管理されるクラスターツール制御器を有し適宜の方法で配列された多くのクラスターツルがあってもよい。これらの例に示されたように処理を分散させることにより、より効率的で清潔でありかつ時を得た方法で、初めから終わりまでリアルタイム処理を達成することができる。

【0141】

図18は、図17に示されたようなクラスターツール制御器705aを介した1個のクラスターツール120aの制御に含まれる典型的なステップを示す。ステップ710において、ロボットアーム134aが、入口ロードロック126aに取り付けられた入力カセット136aからウエハーを受け取る。次いで、ステップ711において、ロボットアーム134がそれ自体のアマチュアにおいて揃える。

【0142】

ロボットアーム134におけるウエハーの整列は整列ステーション138において行われ、ここで、ウエハー側面のノッチが基準指示器と機械的に揃えられる。

誘電体層、低k層間誘電体層、及び0.25ミクロン又はこれより小さい線幅処理が要求される（高kとして示される）容量の絶縁体の蒸着のために特に意図された。このプロセスは、クロック速度400MHz以上で256Mbit以上のDRAMを有する集積回路の形成のために使用することができる。

【0146】

本発明のCVD装置10を組み込んだクロックツール120により行い得る半導体蒸着処理は、酸化タンタルのような高k容量絶縁体の蒸着；窒化チタンのようなバリア及び接着促進材として作用するライナー層の蒸着、アルミニウム用のライナー、及び窒化タンタル、銅のライナー；並びに相互接続のための金属銅の蒸着を含む。

【0147】

更に、本発明の方法及び装置はスタックゲート誘電体の蒸着に適し、これは、ゲート容量を最小にするために、2種の異なる誘電体の極めて薄い薄膜（各薄膜について15オングストローム台）の連続蒸着層を持つ。スタック誘電体ゲートは、一般に、0.15ミクロンより小さい形状のデバイスに使用され、また400MHz以上の速度の増加が要求される場合は0.25ミクロンまでの形状のデバイスに使用される。

【0148】

更に、本発明の方法及び装置は、2種の異なる誘電体の逐次蒸着が一般に要求されるスタック誘電体の処理に利点を提供する。本発明による前駆物質輸送システムの設計は、同じプロセス室における両材料の蒸着を許す。その結果、ウエハーはゲートを損傷させるであろう不規則な酸化に暴露されない。更に、ウエハーを動かす必要がないため、システムは、現存のシステムより本質的に高い生産性を持つことが期待される。

【0149】

本発明の装置及び方法により半導体ウエハーに適切に蒸着できるその他の材料は、アルミニウム、アルミニウム／銅（ライナーの必要の少ない合金）、チタン酸バリウム（強力な高k誘電体薄膜）、及びチタン酸バリウムストロニウム（別の高k誘電体薄膜）が含まれる。

【0150】

本発明のCVD装置及び方法に適した別の用途は、平面パネルディスプレイ及び被覆ドリルビットの処理を含む。更に、本発明の装置及び方法は光学用誘電体コーティング、反射防止コーティング、及び摩擦と摩耗を減らすためのコーティングを蒸着するために使用できる。

【0151】

本発明はその好ましい実施例を参照して図示され説明されたが、本技術熟練者は、特許請求の範囲に定められた本発明の範囲から離れることなくこれに、形式及び詳細における種々の変更をなし得ることが理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1A及び1B】

本発明の装置の図式的な説明図を提供する。

【図1C及び1D】

本発明の装置の別の実施例の図式的な説明図を提供する。

【図2a】

本発明の蒸発サブシステムの断面図である。

【図2b】

本発明の蒸発サブシステムの別の実施例の断面図である。

【図2c】

本発明の制御器の図式的な説明図である。

【図3a】

本発明のガス流量制御器の説明図である。

【図3b】

本発明のガス流量制御器の別の実施例の説明図である。

【図4a】

後退位置にある基板チャックを有する本発明のプロセスサブシステムの部分的に断面にした図面である。

【図4b】

本発明のプロセスサブシステムの別の実施例の断面図である。

本発明によるプロセス室圧力制御サブプロセスを示す。

【図12aないし12d】

本発明の実施例のプロセス室内にウェハーを挿入する運転を示す。

【図13】

本発明の実施例による清掃サブプロセスを示す。

【図14】

本発明の実施例によるCVD装置内にある閉ループを示している線図の例示部分を示す。

【図15】

本発明のクラスターツールの実施例の説明図である。

【図16】

本発明による1個の工場用自動制御器により制御されるように構成された複数のクラスターツールを示す。

【図17】

本発明による工場自動制御器により制御される分離したクラスターツール制御器により各が制御される複数のクラスターツールを示す。

【図18】

本発明の実施例によるクラスターツール制御器により実行される処理段階の例を示す。

【図4c】

基板チャックがプロセス位置に上げられた図4bの実施例の断面図である。

【図4d】

基板チャックが完全伸長位置にある図4bの実施例の別の断面図である。

【図5a】

本発明のシャワーヘッドの説明図である。

【図5b】

リング内に取り付けられた交換可能なシャワーヘッドの平面図である。

【図5c】

図5bに示されたシャワーヘッド及びリングの側方断面図である。

【図5d】

PVDプロセスにより空洞内に形成された典型的な蒸着層の説明図である。

【図5e】

通常のCVDプロセスにより空洞内に形成された典型的な蒸着層の説明図である。

【図5f】

本発明の装置及び方法により形成し得る蒸着層の説明図である。

【図6a、6b及び6c】

本発明のCVD装置の実施例の斜視図である。

【図7】

本発明の実施例によるCVD装置の制御構成を示す。

【図8】

本発明の実施例による主プロセス制御ルーチンを示す。

【図9a及び9b】

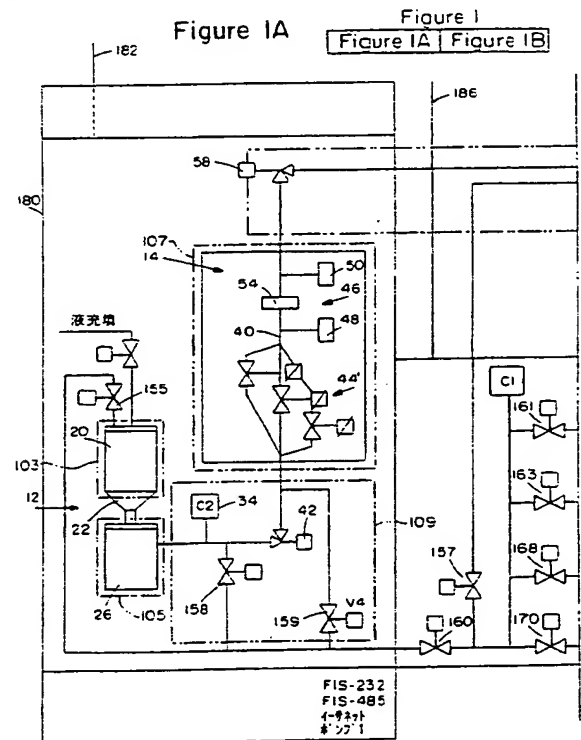
本発明の実施例による蒸発器サブルーチンの運転を示す。

【図10】

本発明の実施例による蒸気相流量制御サブプロセスによりなされる処理を示す。

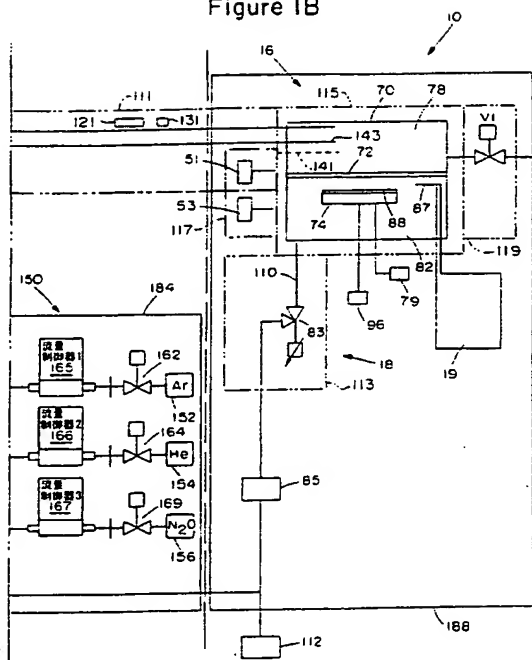
【図11】

【図1A】



【図1B】

Figure 1B

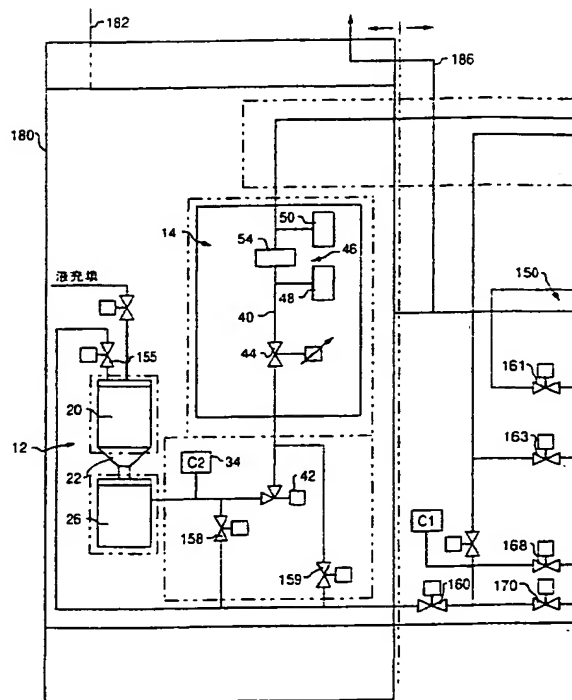


【図1C】

Figure 1C

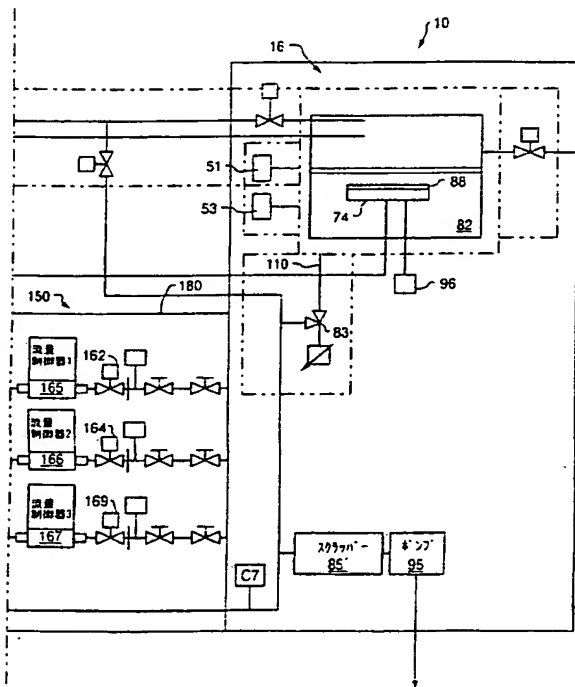
Figure 1

Figure 1C|Figure 1D



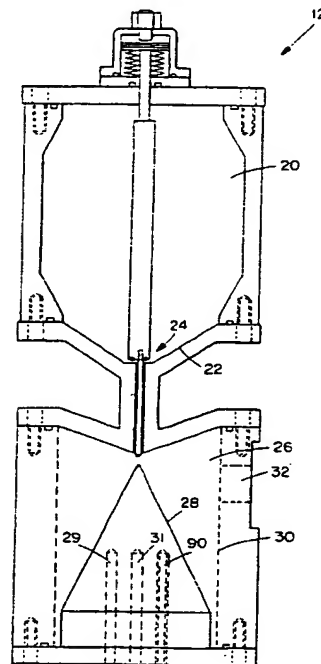
【図1D】

Figure 1D



【図2a】

Figure 2a



【図2b】

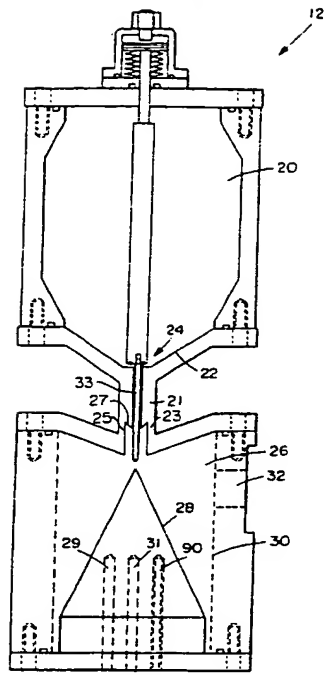


Figure 2b

【図3a】

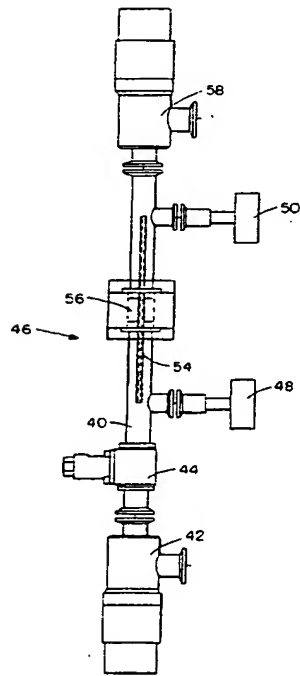


Figure 3a

【図2c】

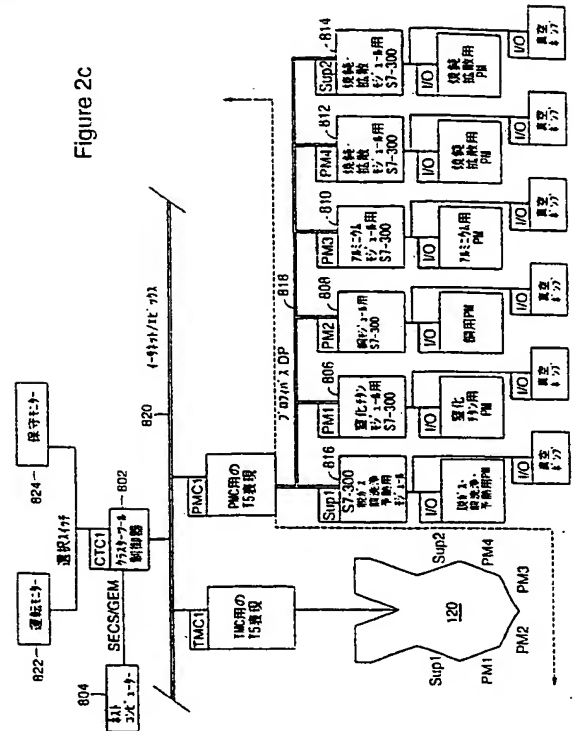


Figure 2c

【図3b】

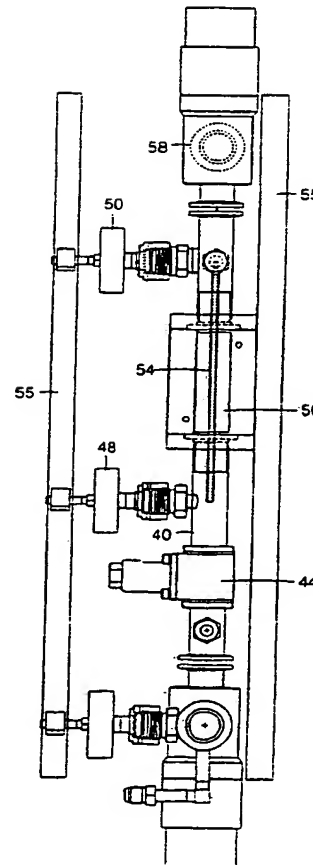


Figure 3b

【図 4 a】

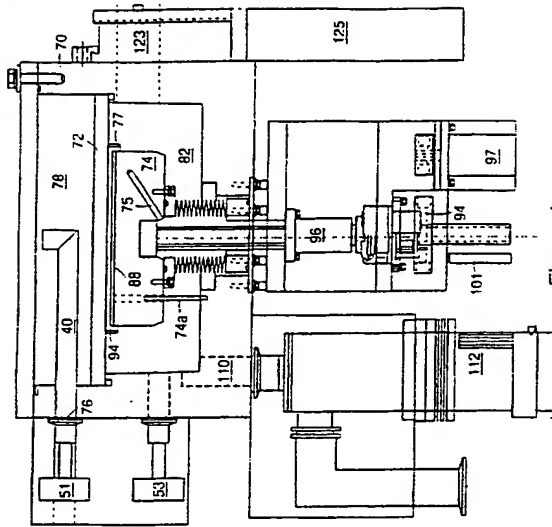


Figure 4a

【図 4 b】

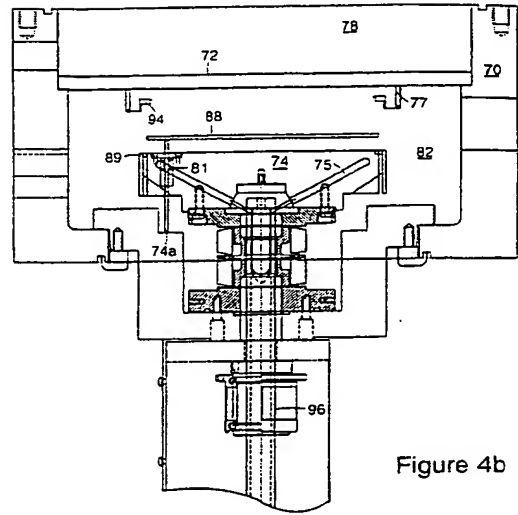


Figure 4b

【図 4 c】

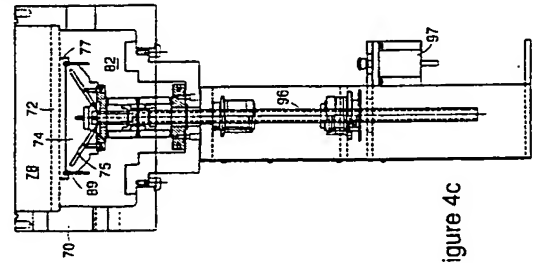


Figure 4c

【図 4 d】

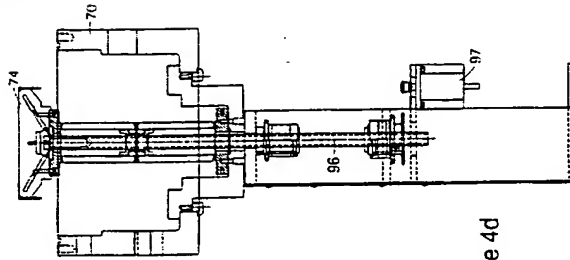


Figure 4d

【図 5 a】

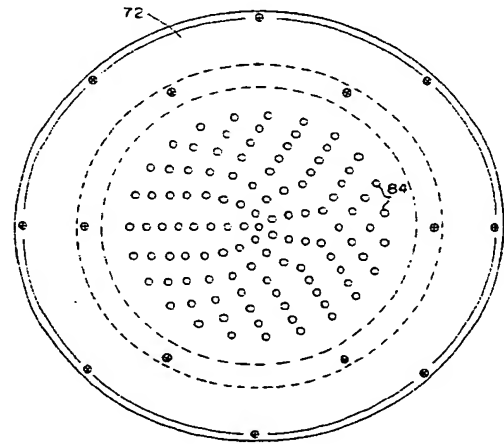


Figure 5a

【図 5 b】

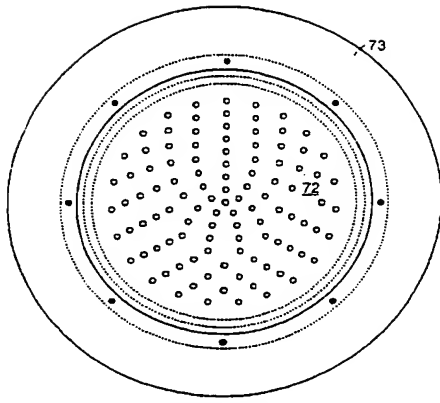


Figure 5b

【図 5 c】

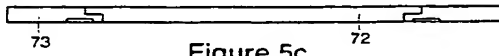


Figure 5c

【図 5 d】

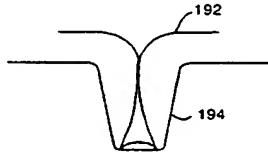


Figure 5d

【図 5 e】

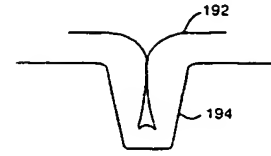


Figure 5e

【図 5 f】

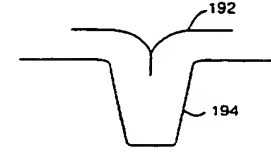


Figure 5f

【図 6】

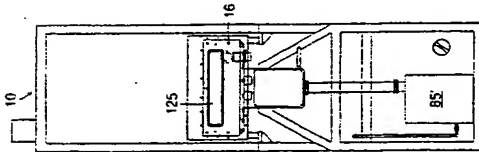


Figure 6a

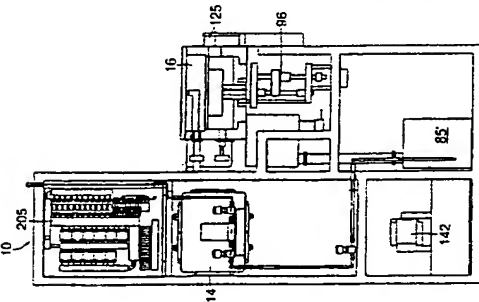


Figure 6b

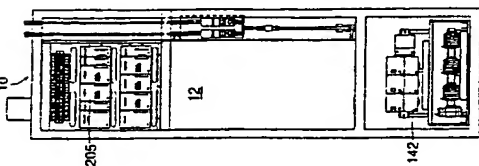


Figure 6c

【図 7】

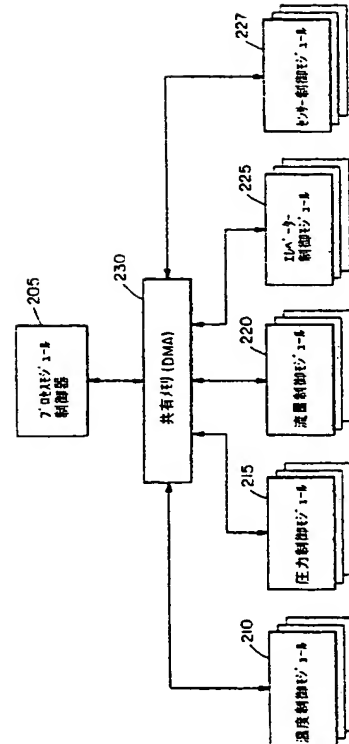


Figure 7

【図8】

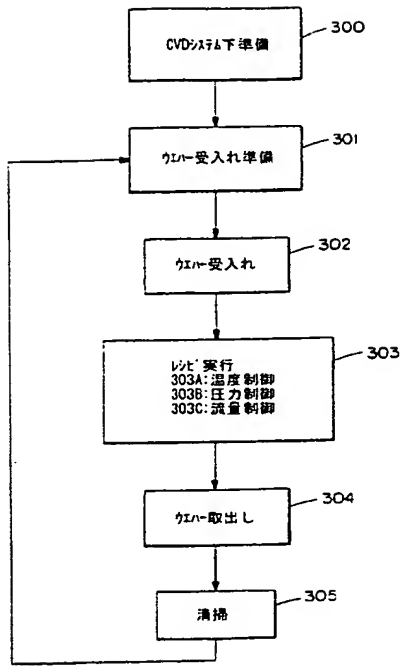


Figure 8

【図9】

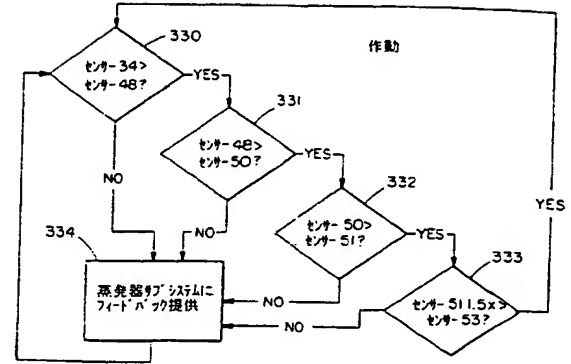


Figure 9a

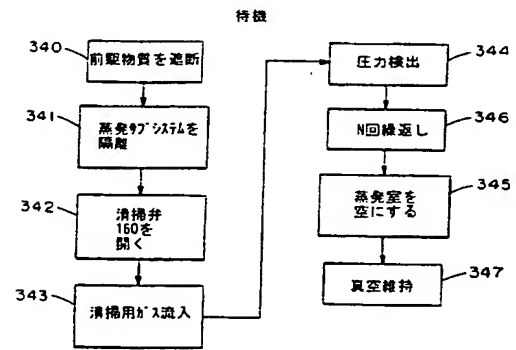


Figure 9b

【図10】

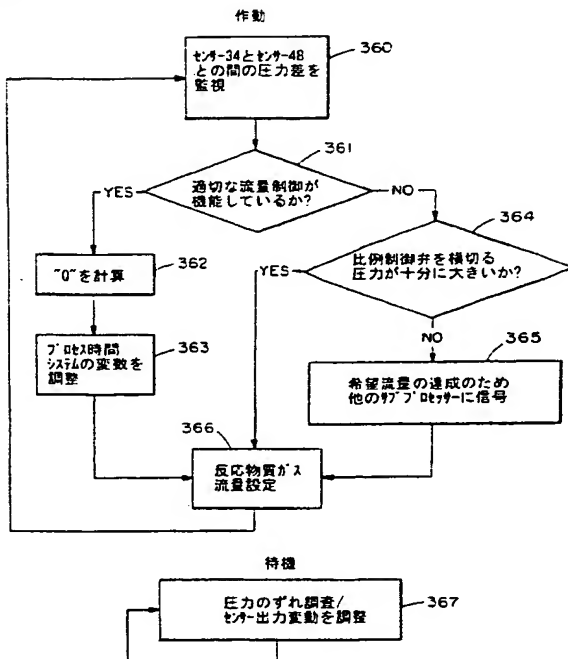


Figure 10

【図11】

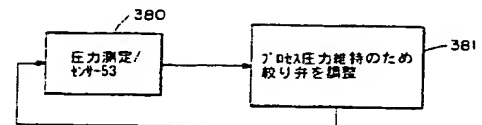


Figure 11

【図12a・b】

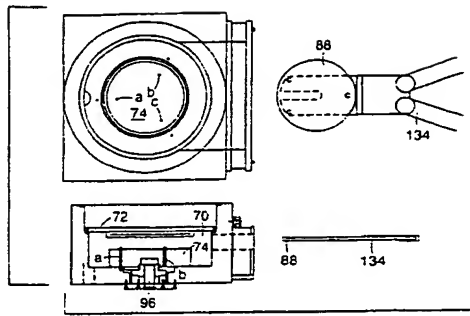


Figure 12a

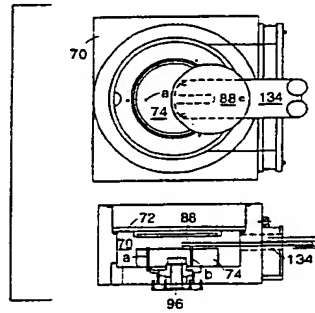


Figure 12b

【図12c・d】

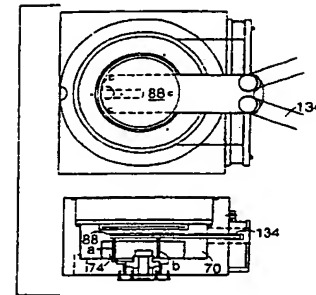


Figure 12c

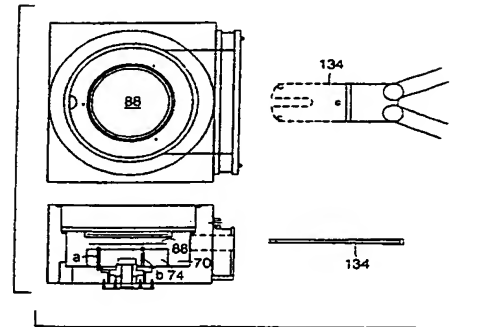


Figure 12d

【図13】

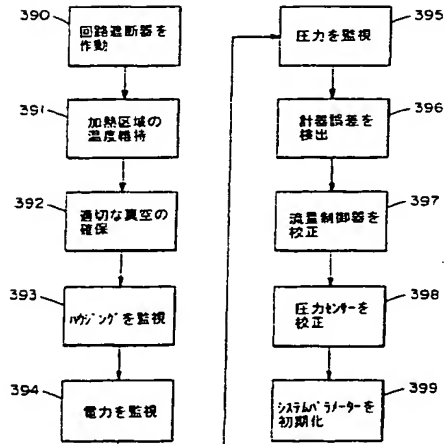


Figure 13

【図14】

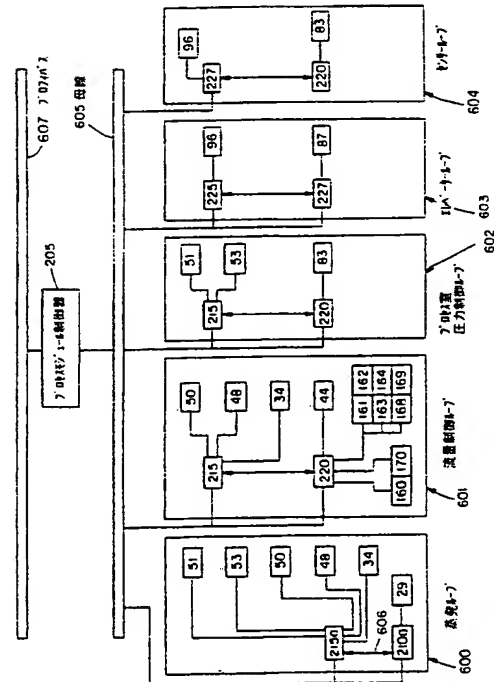


Figure 14

【図15】

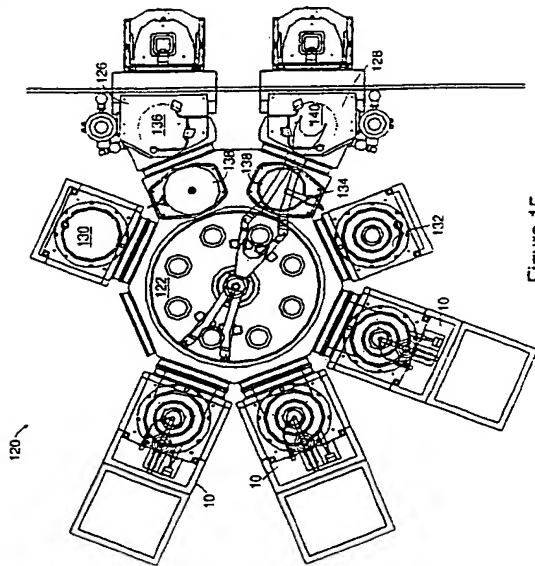


Figure 15

【図16】

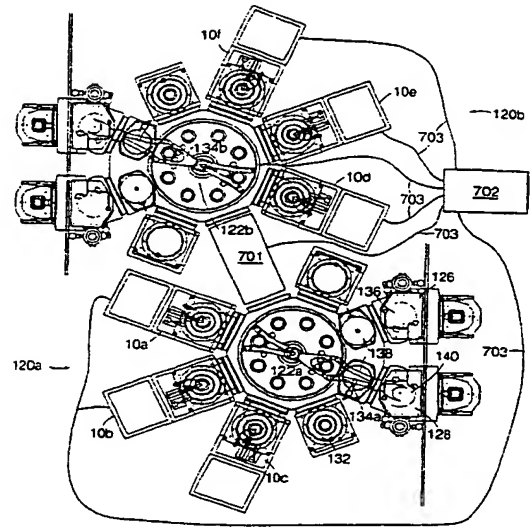


Figure 16

【図17】

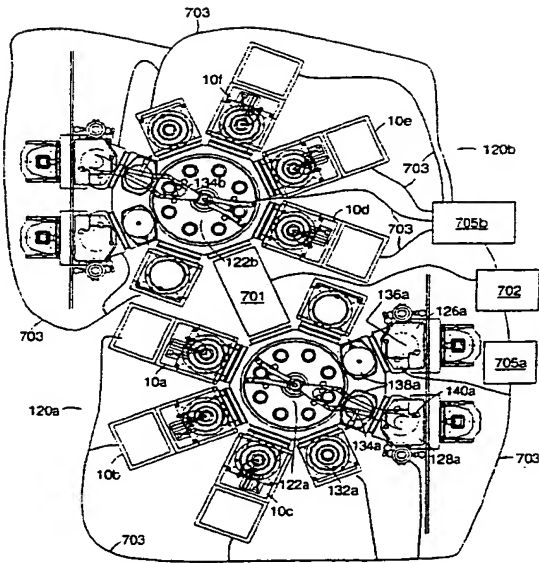


Figure 17

【図18】

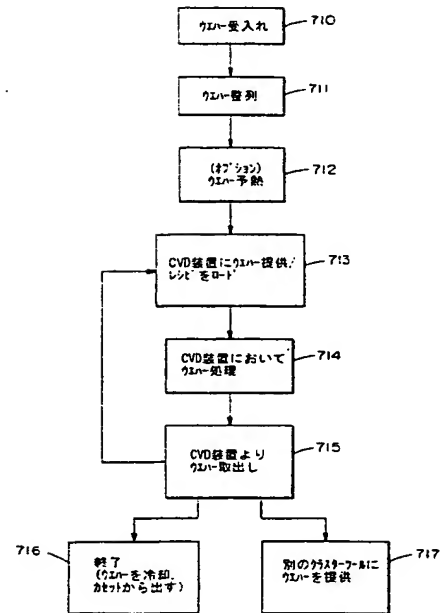


Figure 18

【手続補正書】特許協力条約第34条補正の翻訳文提出書

【提出日】平成12年5月2日(2000.5.2)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 蒸発器を有する蒸発室、

蒸発室と連通しているプロセス室であって、室内に取り付けられた基板を加熱するヒーターを有するプロセス室、及び

基板の表面における反応速度を制御するために蒸発器からプロセス室への蒸気の流量を調節する流量制御器を備えた化学処理装置。

【請求項2】 蒸発器に前駆物質を分配するために置かれた分配器、

蒸発室とプロセス室とを連結している輸送導管、

輸送導管を通る蒸気流量を測定する流量計、及び

流量計及び流量制御器と通信するように組み合わせられ、かつ輸送導管を通る蒸気流量を計測された蒸気流量にตอบสนองして管理するように流量制御器を制御するようにプログラムされているプロセッサを更に備える請求項1の装置。

【請求項3】 流量計が少なくとも1個の圧力センサーを有する請求項2の装置。

【請求項4】 流量計が層流部材を有する請求項2の装置。

【請求項5】 層流部材が1対の開口端部を有する管である請求項4の装置。

【請求項6】 流量計が1対の圧力センサーを有し、各圧力センサーがそれぞれ層流部材の開口端部に挿入される請求項2の装置。

【請求項7】 圧力センサーが容量形圧力計である請求項2の装置。

更に備え、エレベーターがプロセッサにより制御され、そして基板チャックはエレベーターにより昇降させ得る請求項1の装置。

【請求項20】 プロセッサが圧力センサーに接続され、かつ測定された蒸気圧力の関数、及び蒸発器により作られる蒸気の流量を制御するようにプログラムされた請求項1の装置。

【請求項21】 半導体処理用のクラスターツールであって、

中央ウエハーハンドラー、

中央ウエハーハンドラーに連結されたプロセス室、

蒸発室、

蒸発室内に置かれた蒸発器、

蒸発室とプロセス室とを結んでいる輸送導管、

蒸発室からプロセス室内へのガス流量を測定するように置かれた流量計、及び流量計と通信するように結合され、蒸発器からの測定されたガス流量の関数として制御するようにプログラムされているプロセッサを備えるクラスターツール。

【請求項22】 蒸発室内に置かれた蒸発器を有する蒸発室、蒸発室とプロセス室とを連結している輸送導管、蒸発室からプロセス室内へのガス流量を測定するように置かれた流量計、及び蒸発室からのガス流量を制御するように置かれた流量制御器を有しプロセス室における化学蒸着を制御するシステムであって、プロセスモジュール制御器、

プロセスモジュール制御器により指令されたようにシステム構成要素の温度を維持する複数の温度制御モジュール、

プロセスモジュール制御器により指令されたように蒸気圧力を監視する複数の圧力制御モジュール、

プロセスモジュール制御器により指令されたように蒸気流量を制御する複数の流量制御モジュール、

プロセスモジュール制御器により指令されたようにプロセス室内のエレベーターを制御するエレベーター制御モジュールを備えるシステム。

【請求項8】 流量制御器が、流量計と通信するように組み合わせられている比例制御弁である請求項1の装置。

【請求項9】 分配器に前駆物質を供給するための貯蔵器を備え、蒸発器は前駆物質が貯蔵器から分配されたときにこれを蒸発させるために加熱された面を有する請求項1の装置。

【請求項10】 分配器がプロセッサにより制御される請求項2の装置。

【請求項11】 プロセス室内に置かれた少なくとも1個の圧力センサーであって、プロセッサと通信するように組み合わせられている圧力センサーを更に備える請求項1の装置。

【請求項12】 輸送導管がプロセス室内に置かれた出口を有し、装置が、

プロセス室内に置かれた基板チャック、

プロセス室を、出口のある上流部分と基板チャックのある下流部分とに分割しているシャワーヘッド、

上流部分内の蒸気圧力を測定するように置かれた上流圧力センサー、及び

下流部分内の蒸気圧力を測定するように置かれた下流圧力センサー

を備える請求項2の装置。

【請求項13】 室が室ハウジング及びこの室ハウジング内のプロセス用容積を有し、基板の温度が室ハウジングの内面の温度より高い請求項1の装置。

【請求項14】 上流圧力センサーと下流圧力センサーとが両者ともプロセッサと通信するように組み合わせられる請求項12の装置。

【請求項15】 シャワーヘッドが能動的である請求項12の装置。

【請求項16】 蒸発室内に置かれ、プロセッサと通信するように組み合わせられている少なくとも1個の圧力センサーを更に備える請求項10の装置。

【請求項17】 輸送導管と熱的に接触しているヒーターを更に備える請求項1の装置。

【請求項18】 プロセス室内に置かれた基板チャックが直流電源又は交流電源に接続される請求項1の装置。

【請求項19】 プロセス室内に置かれた基板チャック及びエレベーターを

【請求項23】 プロセスモジュール制御器が、ウエハー処理のためにプロセス室を準備しかつ処理のために少なくとも1個のウエハーを受け入れるように準備し、プロセス室にウエハーを受け入れ、ウエハー処理を実行し、プロセス室からウエハーを取り出せるように弁を開き、そしてウエハーの取出し後に清掃作用を行う制御プログラムを実行する請求項22のシステム。

【請求項24】 プロセスモジュール制御器において仕事を実行している蒸発器サブプロセスを更に備え、この蒸発器サブプロセスが、圧力制御モジュールを横切る圧力低下を検出しそして蒸発室内の圧力を上昇させるように蒸発器にフィードバックを提供する請求項23のシステム。

【請求項25】 プロセスモジュール制御器において仕事を実行している蒸気相の流量制御サブプロセスを更に備え、この蒸気相の流量制御サブプロセスは、少なくとも2個の圧力制御モジュール間の圧力差を監視し、監視された圧力がプロセス室を作動させるに十分であるか否かを判定し、そして監視された圧力が低すぎるならば流量制御を増加させるように少なくとも1個の流量制御モジュールに信号し、また監視された圧力が高すぎるならば流量制御を減少させるように少なくとも1個の流量制御モジュールに信号する請求項23のシステム。

【請求項26】 蒸気相の流量制御サブプロセスが、プロセス室内への蒸気流量を維持するように反応物質ガス流量を更に設定する請求項25のシステム。

【請求項27】 プロセスモジュール制御器において仕事を実行しているプロセス室圧力制御サブプロセスを更に備え、このプロセス室圧力制御サブプロセスがプロセス室内の圧力を測定し、そしてプロセス圧力を設定圧力に維持するように絞り弁に指示する請求項23のシステム。

【請求項28】 ウエハースーツからウエハーを受け入れる第1の輸送モジュール、

第1の輸送モジュールからウエハーを受け取り、受け取ったウエハーを処理し、そして処理が完了したときにウエハーを第1の輸送モジュールに戻すように各が組み合わせられた複数の第1の処理システムを備えたクラスターツール装置。

【請求項29】 第1の輸送モジュールからウエハーを受け入れる第2の輸

送モジュール、

第2の輸送モジュールからウエハーを受け取り、受け取ったウエハーを処理し、そして処理が完了したときにウエハーを第2の輸送モジュールに戻すように各が組み合わされた複数の第2の処理システムを更に備えたクラスターツール装置。

【請求項30】 複数の第1の処理システム及び第1の輸送モジュールが第1のクラスターツール制御器により制御される請求項28のクラスターツール装置。

【請求項31】 複数の第1の処理システム及び第1の輸送モジュールが第1のクラスターツール制御器により制御され、更に複数の第2の処理システム及び第2の輸送モジュールが第2のクラスターツール制御器により制御され、そして第1及び第2のクラスターツール制御器が工場自動制御器により制御される請求項29のクラスターツール装置。

【請求項32】 半導体基板上に薄膜を蒸着する方法であって、前駆物質の蒸気圧力を測定し、測定された蒸気圧力に反応して前駆物質が蒸発される速度を制御し、蒸発した前駆物質をプロセス室内に輸送し、そして半導体基板の表面に反応生成物を作るために蒸発した前駆物質を反応させる諸段階よりなる方法。

【請求項33】 前駆物質が、測定された圧力の関数として設定された速度で貯蔵器から蒸発器に分配される請求項32の方法。

【請求項34】 蒸発室とプロセス室との間の蒸気流量が、層流部材の両端に置かれた1対の容量形圧力計により測定される請求項33の方法。

【請求項35】 プロセス室内の蒸気圧力を測定する段階を更に含む請求項32の方法。

【請求項36】 プロセス室内の蒸気圧力がシャワーヘッドの両側において測定される請求項32の方法。

【請求項37】 通路に置かれた弁の開度を調整することによりシャワーヘッドの通路を通る蒸気流量を制御する段階を更に含む請求項36の方法。

【請求項51】 蒸発室、プロセス室、及び輸送導管が全て1個の蒸発モジュール内に含まれる請求項1の装置。

【請求項52】 蒸発モジュールが、プロセス室と組み合わされた真空ポンプ及びスクラッパーを更に有する請求項51の装置。

【請求項53】 蒸着モジュールがプロセス室を更に有する請求項52の装置。

【請求項54】 蒸着モジュールが約1.2mより大きくない長さを有する請求項53の装置。

【請求項55】 CVDモジュールが約0.6mより大きくない幅を有する請求項54の装置。

【請求項56】 CVDモジュールが約1.8mより大きくない高さを有する請求項54の装置。

【請求項57】 蒸発室及びプロセス室が互いに25cm内にある請求項51の装置。

【請求項58】 CVDモジュールが半導体処理用のクラスターツールの部分である請求項51の装置。

【請求項59】 基板に薄膜を形成する方法であって、前駆物質を蒸発させ、プロセス室への蒸発前駆物質の流量を調整し、プロセス室内で基板を加熱し、そして基板の表面に材料の薄膜を形成するために基板の表面において前駆物質を反応させる諸段階を含む方法。

【請求項60】 基板の表面における反応速度により限定される蒸着速度で、基板の表面に前駆物質を蒸着させることにより基板の表面と一致した被覆を提供する段階を更に含む請求項59の方法。

【請求項61】 プロセス室を通る蒸気流量を調整するために基板チャックを昇降させる段階を更に含む請求項59の方法。

【請求項62】 基板に層を形成するために測定されたガス流量に応じて蒸

【請求項38】 前駆物質の蒸気圧力が蒸発室において測定される請求項33の方法。

【請求項39】 蒸発器により作られた蒸気が実質的に希釈されないでプロセス室に通過する請求項33の方法。

【請求項40】 半導体基板の表面に集積回路を組み立てることを更に含む請求項32の方法。

【請求項41】 輸送導管の内径が1.2mmと4.0mmとの間である請求項1の装置。

【請求項42】 輸送導管の内径が約2.5mmである請求項1の装置。

【請求項43】 プロセス室と連通している動的な可変吸引速度の真空ポンプを更に備える請求項1の装置。

【請求項44】 プロセス室内のシャワーヘッド、プロセス室内の基板チャック、及びシャワーヘッドに取り付けられ、そして基板チャックの直径の120%より大きくない流量シールドにより定められた直径を有する限定されたプロセス容積を、シャワーヘッド及び基板チャックと整合して定めている流量シールドを更に備える請求項1の装置。

【請求項45】 限定されたプロセス容積の直径が基板の直径の110%より大きくない請求項44の装置。

【請求項46】 シャワーヘッドが限定されたプロセス容積より大きくない直径を有する請求項44の装置。

【請求項47】 基板チャックの側を回って取り付けられた交換可能なゲッター用リングを更に備える請求項44の装置。

【請求項48】 限定されたプロセス容積内で基板チャックを昇降させるためのエレベーターを更に備える請求項44の装置。

【請求項49】 エレベーターが基板チャックをプロセス室外に持ち上げ得る請求項48の装置。

【請求項50】 エレベーターの高さを測定するために線形変換器を更に備える請求項48の装置。

発室とプロセス室との間のガス流量を制御すること
を更に含む請求項59の方法。

【請求項63】 蒸発した前駆物質を反応させ、そしてプロセス室内の基板に前駆物質又は前駆物質のある成分を蒸着させる諸段階を更に含む請求項59の方法。

【請求項64】 貯蔵器から蒸発器上への前駆物質の分配を更に含む請求項63の方法。

【請求項65】 層流部材の両端に置かれた1対の容量形圧力計間のガス流量を測定することにより蒸発室とプロセス室との間のガス流量を測定することを更に含む請求項64の方法。

【請求項66】 プロセス室内の圧力を測定する段階を更に含む請求項64の方法。

【請求項67】 シャワーヘッドの両側におけるプロセス室内の圧力を測定することを更に含む請求項64の方法。

【請求項68】 通路に置かれた弁の開度を調整することによりシャワーヘッドの通路を通るガス流量を制御する段階を更に含む請求項67の方法。

【請求項69】 蒸発室内の圧力を測定すること及び分配段階が蒸発室内の測定された圧力の関数として制御されるように蒸発器に前駆物質を分配することを更に含む請求項64の方法。

【請求項70】 輸送導管を加熱することを更に含む請求項64の方法。

【請求項71】 プロセス室に置かれた基板チャックに電磁場を作ることを更に含む請求項64の方法。

【請求項72】 蒸発器により作られた蒸気が実質的に希釈されないでプロセス室に通過する請求項64の方法。

【請求項73】 蒸発室とプロセス室との間の流路を形成し、かつ第1の端部と第2の端部とを有する輸送導管、及び輸送導管の第1の端部におけるガス圧力を測定するために置かれた第1の圧力センサー及び輸送導管の第2の端部におけるガス圧力を測定するために置かれた第2の圧力センサー

を更に備える請求項1の装置。

【請求項74】 プロセス室を上流部分と下流部分とに分割しているシャワーヘッド、及び
プロセス室の2部分の一方におけるガス圧力を測定するためにプロセス室と組み合わせられた第3の圧力センサー
を更に備える請求項73の装置。

【請求項75】 第3の圧力センサーにより測定されないプロセス室の部分におけるガス圧力を測定するためにプロセス室と組み合わせられた第4の圧力センサーを更に備える請求項74の装置。

【請求項76】 プロセス室への蒸発前駆物質の流量を調整する段階が、制御された温度及び圧力のキャリアーガスなしにガス流路に沿って蒸発前駆物質を流すこと、及び第1の圧力センサーと第2の圧力センサーとを使用してガス流路を通る蒸発前駆物質の流量を測定することを含む請求項59の方法。

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW

Fターム(参考) 4K030 AA11 AA14 AA24 BA01 BA02
 BA17 BA18 BA38 BA42 CA04
 CA12 EA01 EA06 GA02 GA12
 KA08 KA25 KA39 KA41 KA46
 LA15
 5F031 CA02 FA01 HA13 HA37 JA47
 MA28 MA29
 5F045 AA03 AA08 AB02 AB07 AB09
 AB21 AB31 AD07 AE19 AF03
 DP03 EB06 EB08 EE02 EE04
 EF05 EK09 EM05 EM10 EN04
 GB05 GB06 GB09 HA24

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 99/08153A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 C23C16/44 C23C16/54 H01L21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 C23C H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 299 753 A (BOC GROUP INC) 18 January 1989 (1989-01-18)	1,2, 8-20,22, 41-58
Y	page 3, line 49 -page 4, line 65; figures 1,3,4	3-7
X	US 5 630 878 A (KAWANO TAKESHI ET AL) 20 May 1997 (1997-05-20) column 1, line 16-40; figures 15,15	1
X	US 4 276 243 A (PARTUS FRED P) 30 June 1981 (1981-06-30) column 3, line 6 -column 4, line 27; figure 1	1
X	EP 0 311 446 A (MITSUBISHI RAYON CO) 12 April 1989 (1989-04-12) page 3, line 59 -page 4, line 26; figure 1	1,59-72
	--- -/-- ---	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but used to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 August 1999

Date of mailing of the international search report

19.11.99

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentstein 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Joffreau, P-O

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

page 1 of 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US 99/08153

C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 98 02686 A (MKS INSTR INC) 22 January 1998 (1998-01-22) page 1, line 17 - page 2, line 28 page 6, line 1-27 ---	3-7
X, P	WO 99 04615 A (MKS INSTR INC) 4 February 1999 (1999-02-04) page 9, line 20 - page 13, line 5; figures 1,2 -----	1-3, 7-10, 14, 16, 22, 59

3

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

page 2 of 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 99/08153

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☒ Claims Nos.: 23-27
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
Rule 39.1(vi) PCT - Program for computers

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1 - 20, 22 - 27, 41 - 72

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Form PCT/ISA/210 (continuation of first sheet (1)) (July 1998)

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

1. Claims: 1-20,22-27,41-72

Apparatus for chemical processing comprising a vaporization chamber including a vaporizer and a process chamber in communication with said vaporization chamber and characterized by having a flow controller for regulating vapor flow between said vaporization chamber and said process chamber.
Method for forming a film on a substrate by vaporizing a precursor and regulating flow of the vaporized precursor to the process chamber.

2. Claim : 21

Cluster tool for semiconductor processing comprising
-a central wafer handler
-a process chamber
-a vaporization chamber including a vaporizer
-a delivery conduit joining said vaporization chamber and said process chamber
-a flow meter to measure gas flow from the vaporization chamber into the process chamber
-a processor coupled with the flow meter

3. Claims: 28-31

Cluster tool apparatus comprising a transport module and a plurality of processing systems.

4. Claims: 32-40

Method for depositing a thin film over a semiconductor substrate by
-measuring the vapor pressure of a precursor
-controlling the rate of vaporization of said precursor in response to said measured vapor pressure
-delivering the vaporized precursor to the surface of said semiconductor to form said thin film.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US 99/08153

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0299753	A	18-01-1989	US 4847469 A	11-07-1989
			AT 85655 T	15-02-1993
			CA 1295896 A	18-02-1992
			DE 3878328 A	25-03-1993
			JP 1085102 A	30-03-1989
			JP 1989207 C	08-11-1995
			JP 7022642 B	15-03-1995
US 5630878	A	20-05-1997	JP 7227535 A	29-08-1995
			JP 7227536 A	29-08-1995
			JP 7230321 A	29-08-1995
			JP 7230941 A	29-08-1995
			KR 140012 B	01-06-1998
			KR 145189 B	15-07-1998
			KR 145188 B	15-07-1998
US 4276243	A	30-06-1981	CA 1152183 A	16-08-1983
			EP 0048742 A	07-04-1982
			GB 2073453 A,B	14-10-1981
			JP 57500381 T	04-03-1982
			WO 8102848 A	15-10-1981
EP 0311446	A	12-04-1989	JP 1095517 A	13-04-1989
			JP 1096922 A	14-04-1989
			CA 1325160 A	14-12-1993
WO 9802686	A	22-01-1998	US 5868159 A	09-02-1999
			EP 0910766 A	28-04-1999
WO 9904615	A	04-02-1999	US 5966499 A	12-10-1999

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.